دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

كتاب الطالب

للسنة الثالثة من مرحلة التعليم الثانوي

القسم العلمي

الجزء الأول : الكهرباء والمغاطيسية والفيزياء الذرية

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

دولة ليبيا

وزارة التعليم

مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

1441-1440 هـ

2020-2019 م

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

تمهيد

يُقسَّم محتوى هذه السلسلة إلى أجزاء تغطي الفيزياء العامة، والفيزياء الحرارية، وخواص الموجات، والكهرباء والمغناطيسية، والفيزياء الذرية. وتم التركيز في جميع أجزاء السلسلة على المفاهيم العلمية، وعمليات حل المشكلات ابتكاريًّا، ومهارات التفكير العليا. وللوحدات في كل جزء الملامح المفيدة التالية:

- **منظمات**: توجد في بداية كل وحدة لاستثارة حس الطالب لبعض النواحي المهمة في الموضوع قبل دراستها. ولقد أوضحت البحوث أن هذه المنظمات تساعد الطالب على معالجة المعلومات بدقة أكبر أثناء قراءتها.
- **نتائج التعلم**: تكتب كقائمة في بداية كل وحدة حتى يعرف الطالب ما ينبغي تعلمه في الوحدة. ويمكن للطالب أيضًا استخدامها لمراجعة ما تعلمه.
- **أمثلة محلولة وتجارب**: صُمِّمت لمساعدة الطالب على فهم وتطبيق كل من المفاهيم النظرية والعملية لحل المشكلات.
- **التمارين**: توجد في نهاية كل وحدة في شكل أسئلة اختيار من متعدد وأسئلة تركيبية لتقويم الذات.
- **خريطة مفاهيم**: تمد الطالب بملخص مصور عن الوحدة.
- وقد دُمِجَت مهارات التفكير، وتقانة المعلومات، ورسائل التربية الوطنية في المحتوى من خلال السمات التالية:
- **التحديات، وأسئلة التقويم الذاتي، وركن التفكير** تعمل على غرس مهارات التفكير النقدي بتشجيع الطالب على تأمل، ومعالجة، وتطبيق ما تعلمه.
- **أنشطة على شبكة المعلومات الدولية، ومعامل تقانة المعلومات** ويُحث الطالب على استخدام شبكة المعلومات الدولية وبرامج الحاسوب لاستكشاف كل موضوع استكشافًا إضافيًّا ولإثراء معرفته. ويوصف بالإضافة لذلك استخدام جهاز تسجيل البيانات في بعض التجارب.
- **التربية الوطنية**: تتطلب أنشطتها من الطالب بحث التحديات والمشاكل التي تواجه المجتمع، وتطبيق مفاهيم الفيزياء في حلها.

ونأمل أن يساعد هذا الكتاب على جعل دراسة الفيزياء تجربة ممتعة إثرائية. ونرحب بالتعليقات البناءة من الطلاب، والمعلمين، والقراء الآخرين حتى يمكن تحسين الطبعات اللاحقة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المحتويات

تمهيد

الجزء الاول : الكهرباء والمغناطيسة والفيزياء الذرية

الوحدة الأولى : الكهرباء الإستاتيكية 9

1–1 الظواهر الكهروستاتيكية 10

2–1 العوازل والموصِّلات الكهربائية 13

3–1 الكشاف الكهربائي 17

4–1 المجال الكهربائي 19

5–1 بعض تطبيقات عملية، ومخاطر الكهرباء الساكنة 24

خريطة مفاهيم 26

ركن التفكير 27

التمرين الأول 28

الوحدة الثانية : الكهرباء التيارية 30

1–2 الشحنة الساكنة والتيار الكهربائي 31

2–2 الرموز الكهربائية 33

3–2 القوة الدافعة الكهربائية، وفرق الجهد 35

4–2 المقاومة 39

خريطة مفاهيم 46

ركن التفكير 47

التمرين الثاني 48

الوحدة الثالثة : الدوائر الكهربائية ذات التيار الكهربائي المستمر 49

1–3 الدوائر الكهربائية المتوالية 50

2–3 الدوائر الكهربائية المتوازية 52

3–3 الدوائر الكهربائية المتوالية والمتوازية 55

خريطة مفاهيم 57

ركن التفكير 58

التمرين الثالث 59

الوحدة الرابعة : مجموعة الدوائر الكهربائية العملية 61

1–4 بعض استخدامات الكهرباء 62

2–4 قياس الطاقة الكهربائية 64

3–4 أخطار الكهرباء 68

4–4 الاستخدام الآمن للكهرباء في المنزل 70

خريطة مفاهيم 76

ركن التفكير 77

التمرين الرابع 78

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة الخامسة : الظواهر البسيطة للمغناطيسية 80

5–1 المواد والمغناطيسات 81

5–2 الحث المغناطيسي 83

5–3 نظرية المغناطيسية 84

5–4 طرق إكساب وإزالة المغناطيسية 85

5–5 المجالات المغناطيسية، وبوصلة تخطيط المجال 87

5–6 الخواص المغناطيسية للحديد والفولاذ 90

5–7 بعض استخدامات المغناطيسات الدائمة والمغناطيسات الكهربائية 91

5–8 التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي 94

خريطة مفاهيم 99

ركن التفكير 100

التمرين الخامس 101

الوحدة السادسة : القوة المؤثرة على موصِّل كهربائي في مجال مغناطيسي 103

6–1 القوة المؤثرة على موصل يحمل تيارًا في مجال مغناطيسي 104

6–2 القوة بين سلكين متوازيين يحملان تيارًا كهربائيًّا 107

6–3 القوة المؤثرة على ملف مستطيل الشكل يحمل تيارًا في مجال مغناطيسي 108

6–4 القوة المؤثرة على شحنة متحركة في مجال مغناطيسي 110

خريطة مفاهيم 112

ركن التفكير 113

التمرين السادس 114

الوحدة السابعة : التأثيرات الكهرومغناطيسية 116

7–1 الحث الكهرومغناطيسي 117

7–2 مولدات التيار المتردد 122

7–3 المحولات الكهربائية 124

خريطة مفاهيم 128

ركن التفكير 129

التمرين السابع 130

الوحدة الثامنة : علم الإلكترونيات التمهيدي 133

8–1 الإلكترونات وكيفية إنتاجها 134

8–2 استقصاء خواص الإلكترونات 134

8–3 أنبوب شعاع الكاثود – راسم الذبذبات الكاثودي 135

8–4 استخدام راسم الذبذبات الكاثودي 136

8–5 مكونات الدائرة الكهربائية 138

8–6 الدوائر الكهربائية التي تعمل بالمنطق الرقمي 142

خريطة مفاهيم 144

ركن التفكير 145

التمرين الثامن 146

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة التاسعة : النشاط الإشعاعي ، والذرة النووية 149
9–1 اكتشاف النشاط الإشعاعي 150
9–2 الكشف عن النشاط الإشعاعي 150
9–3 خصائص الأنواع الثلاثة للإشعاع 153
9–4 عمر النصف وقياسه 155
9–5 الإشعاع والناس – الاستخدامات، والأخطار، والاحتياطات 158
9–6 اكتشاف الذرة النووية 161
9–7 بنية الذرة 162
9–8 التفاعلات النووية 164
9–9 الطاقة النووية 165
خريطة مفاهيم 168
ركن التفكير 169
التمرين التاسع 170

الإجابات **172**

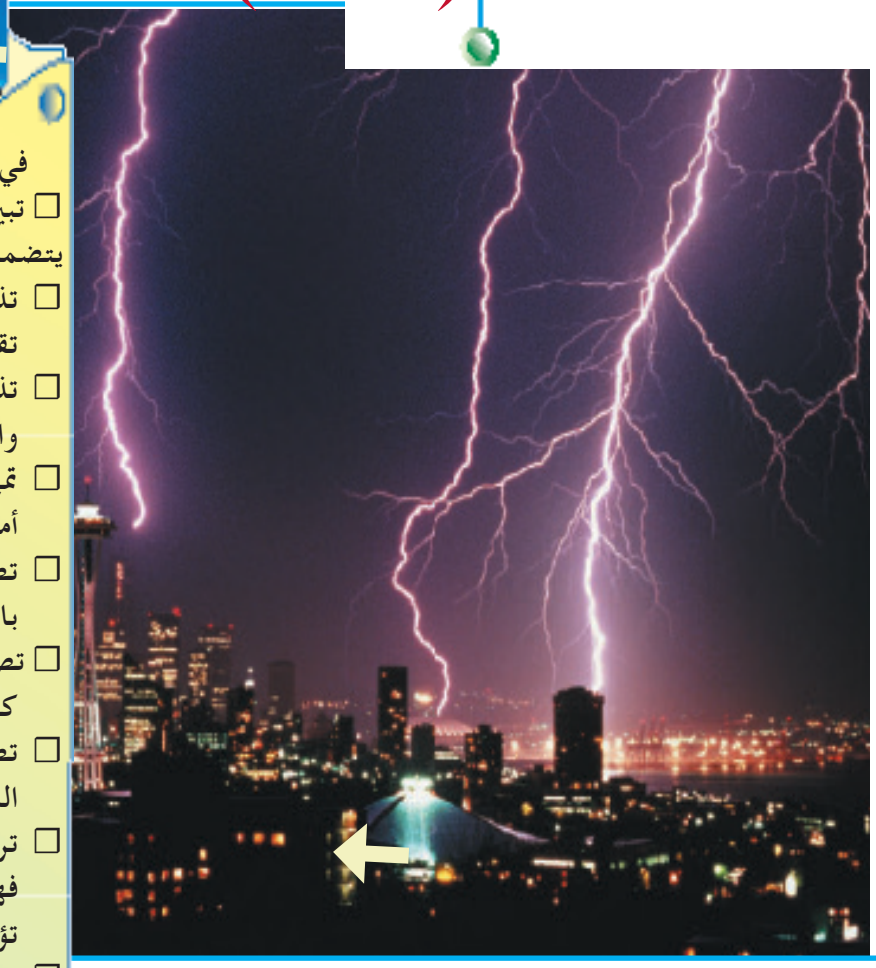
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 1

الكهرباء الإستاتيكية (الساكنة)

Static Electricity



عند شحن مشط لدائني، يظل مشحونًا حتى يلمسه شيء آخر، ونقول إن للمشط كهرباء ساكنة أو كهرباء إستاتيكية. سنناقش في هذه الوحدة الكهرباء الإستاتيكية (الساكنة) بدلالة الشحنات الكهربائية الموجبة والسالبة. وسندرس أيضًا خواص الكهرباء الإستاتيكية.

مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف..

- ☐ تبين فهمًا بأن الشحن الكهروستاتيكي بالدلك يتضمن انتقال إلكترونات.
- ☐ تذكر وجود شحنات موجبة وسالبة، وأن الشحنة تقاس بالكولوم.
- ☐ تذكر أن الشحنات غير المتماثلة تتجاذب، والمتماثلة تتنافر.
- ☐ تميز بين الموصِّلات والعوازل الكهربائية، وتذكر أمثلة نموذجية لكل منهما.
- ☐ تصف تجارب تبين الشحن الكهروستاتيكي بالحث.
- ☐ تصف القوة الكهربائية بين الشحنات [قانون كولوم].
- ☐ تصف المجال الكهربائي كمنطقة تتعرض فيها الشحنة الكهربائية لقوة ما.
- ☐ ترسم مجالًا لشحنة ذات موضع منفصل، وتبين فهمًا بأن اتجاه خطوط المجال تعطي اتجاه القوة التي تؤثر على شحنة اختبارية موجبة.
- ☐ تصف أمثلة يُعتبر فيها الشحن الكهروستاتيكي خطرًا كامنًا.
- ☐ تصف مثالا لاستخدام الشحن الكهروستاتيكي، مثل آلة النسخ الضوئية، وجهاز رش الدهان، وجهاز الترسيب الكهروستاتيكي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

1-1 الظواهر الكهروستاتيكية
Electrostatic Phenomena

يُحدث الاحتكاك على المواد المختلفة نوعين مختلفين من الشحنات الكهربائية.

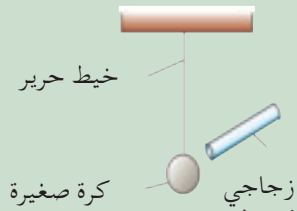
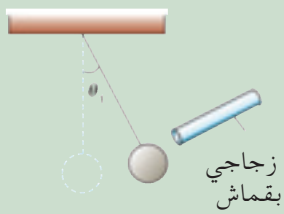
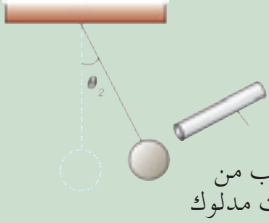
الاحتكاك والشحن

تكتسب بعض الأجسام (مثل القضيب الزجاجي أو القضيب الأبونيت) بعد دلكها بمادة أخرى (مثل الحرير أو الفرو) خاصية جديدة : تصبح قادرة على جذب القطع الورقية الصغيرة. وتنتمي تلك الظاهرة إلى فرع من الفيزياء يسمى الكهرباء الإستاتيكية أو الساكنة، يتضمن دراسة الشحنات الكهربائية الساكنة. فقبل الدلك لاتجذب تلك الأجسام قطعًا ورقية صغيرة، ويدل ذلك ضمنًا على أن الاحتكاك نتيجة الدلك قد غَيَّر طبيعة أسطح تلك القضبان، ونقول أن الاحتكاك قد جعل القضبان مكهربة، أو مشحونة بالكهرباء.

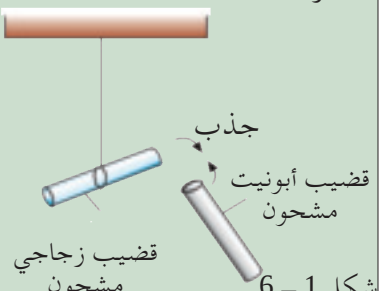
بعض تجارب الكهرباء الساكنة

يعطي جدول 1 – 1 ملخصًا لبعض التجارب الكهروستاتيكية، والمشاهدات، والاستنتاجات المناظرة لها.

جدول 1 – 1 بعض التجارب الكهروستاتيكية

التجربة	المشاهدات	الاستنتاجات
التجربة الأولى :  شكل 1 – 1	تبقى كرة النخاع في موضع سكونها عند تقريب القضيب الزجاجي غير المشحون منها.	تكون قوة الجاذبية بين كرة النخاع والقضيب الزجاجي غير المشحون أضعف من أن تحرك كرة النخاع.
التجربة الثانية :  شكل 1 – 2	1 – نرى في التجربة الثانية كرة النخاع تتحرك تجاه القضيب الزجاجي بعد دلكه بقطعة قماش حرير. 2 – نرى في التجربة الثالثة كرة النخاع تتحرك تجاه القضيب الأبونيت بعد دلكه بقطعة من الفرو.	1 – يكون كل من القضيب الزجاجي والقضيب الأبونيت قادرًا على جذب الأجسام الخفيفة بعد دلكهما بالحرير وبالفرو على التوالي، أي : تم كهربتهما أو شحنهما كهربائيًّا.
التجربة الثالثة :  شكل 1 – 3	3 – زوايا الإزاحة θ_1، θ_2 لكرة النخاع كبيرة عمومًا.	2 – يكون الجذب كبيرًا إلى حد ما بين كرة النخاع وكل قضيب، أي أن القوة الكهروستاتيكية أقوى بكثير من قوة الجاذبية بين كرة النخاع والقضبان.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التجربة الرابعة : شكل 1 – 4	زاوية إزاحة كرة النخاع θ_3 أصغر من θ_1 أو θ_2 .	تضعف الحالتان المشحونتان كهربائيًّا للقضيبان الزجاجي والأبونيت كل منهما الأخرى . وبمعنى آخر توجد حالتان كهربائيتان أو مشحونتان كهربائيًّا .
التجربة الخامسة : شكل 1 – 5	يتنافر القضيبان الزجاجيان المشحونان عن بعضهما البعض . (ملاحظة : يحدث أيضًا تنافر بين قضيبين أبونيت مشحونين) .	إن لدى القضبان الزجاجية المكهربة شحنات مشابهة أو متماثلة .
التجربة السادسة :  شكل 1 – 6	القضيبان المشحونان يجذبان بعضهما البعض .	إن للقضيب الزجاجي والقضيب الأبونيت شحنات غير متشابهة أو غير متماثلة .

وبناءً على النتائج من التجارب في جدول 1 – 1، نستنتج أن :

1– الاحتكاك يُحدث نوعين مختلفين من الشحنات على المواد المختلفة (مثل الزجاج والأبونيت) .

2– الشحنات المتماثلة تتنافر دائمًا .

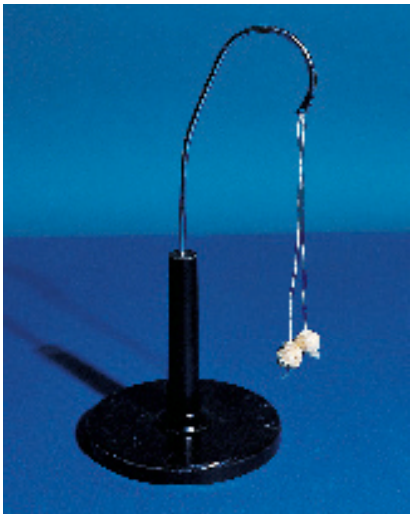
3– الشحنات غير المتماثلة تتجاذب دائمًا .

4– يوجد نوعان فقط من الشحنات .

تفسير للشحن الكهربائي بالاحتكاك

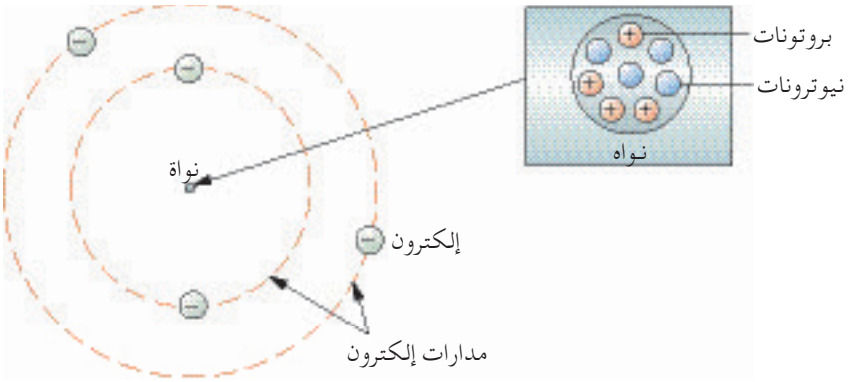
سننظر بالتفصيل في الوحدة التاسعة إلى بنية **الذرات** . وستساعدك الأفكار التالية مؤقتًا على فهم عملية الشحن الكهربائي بالاحتكاك .

1– تتكون المادة من جسيمات غير قابلة للانقسام تسمى **ذرات** . كل ذرة لديها **إلكترونات** سالبة الشحن تدور بشكل مداري حول **نواة** كتلة صغيرة تتكون من جسيمات موجبة الشحن تسمى **بروتونات** ، وجسيمات متعادلة تسمى **نيوترونات** . يبين شكل 1 – 8 نموذجًا ذريًّا لذرة بريليوم .



شكل 1 – 7 كرات من نخاع البيلسان

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا



شكل 1 – 8 ذرة بريليوم متعادلة ذات 4 إلكترونات، 4 بروتونات، 4 نيوترونات

2– تكون للذرة في الحالة العادية أعداد متساوية من الإلكترونات والبروتونات، أي: تكون متوازنة كهربائيًّا أو غير مشحونة.

3– الحالة المكهربة حالة يكون التوازن الكهربائي فيها مضطربًا. ويحدث ذلك عند إزالة بعض الإلكترونات (أي حالة الشحن الموجب) من المدار، أو إضافتها إلى المدار (أي حالة الشحن السالب). ويقال إن الذرة قد **تأيَّنت**.

4– وعند الشحن بالاحتكاك (مثل دلك قضيب زجاجي بقماش حرير)، تنتقل بعض الإلكترونات من ذرات سطح الجسم (القضيب الزجاجي في هذه الحالة) إلى جسم آخر (الحرير في هذه الحالة)، مما يجعل القضيب الزجاجي مشحونًا بشحنة موجبة لأنه تنقصه الآن إلكترونات. ويصبح الحرير سالب الشحنة لأنه يكتسب إلكترونات زائدة.

يصبح أي جسم مشحونًا سلبيًا عند وضع بعض الإلكترونات عليه، ويصبح موجب الشحن إذا أزيلت عنه بعض الإلكترونات.

لا تُخلق الشحنة أو تُدَمَّر أبدًا في عملية الاحتكاك، وإنما تنتقل من مادة إلى أخرى (أي يعاد توزيعها). ويلخص جدول 1 – 2 الشحنات الناتجة على بعض المواد الشائعة نتيجة عملية الاحتكاك.

جدول 1 – 2 الشحن الكهربائي بالاحتكاك

المواد	شحنة موجبة	شحنة سالبة
قضيب زجاجي يُدلَّك بالحرير	زجاج	حرير
قضيب إبونيت يُدَلَّك بالفرو	فرو	إبونيت
مسطرة بيرسبكس تُدَلَّك بدالكة صوف	بيرسبكس	دالكة
مشط لدائني يُدَلَّك بالشعر	شعر	مشط لدائني

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

قياس الشحنة الكهربائية

تقاس الشحنة الكهربائية (الموجبة والسالبة) بالكولوم، والكولوم(C) وحدة القياس العالمية للشحنة الكهربائية. ويمكن تعريفها من المعادلة التي تربط الشحنة الكهربائية، والتيار الكهربائي، والزمن.

الشحنة الكهربائية (بالكولوم) تساوي التيار (بالأمبير) × الزمن (بالثانية)

ولذلك، واحد كولوم هو كمية الشحنة الكهربائية التي تمر خلال جزء معين من الدائرة الكهربائية عند سريان تيار ثابت قيمته واحد أمبير لمدة ثانية واحدة.

إن شحنة الإلكترون أو البروتون هي $1.6 \times 10^{-19}\ C$. وبمعنى آخر مطلوب 6.25×10^{18} إلكترون (أو بروتون) لتكوين واحد كولوم. ويبين ذلك أن الكولوم كمية كبيرة جدًّا، و نستخدم لمعظم الأغراض العملية القواسم الصحيحة للكولوم. والقواسم الصحيحة شائعة الاستخدام هي الميللي كولوم ($1\ mC = 10^{-3}\ C$)، والميكروكولوم ($1\ \mu C = 10^{-6}\ C$).

وحدة القياس للشحنة الكهربائية في النظام الدولي هي الكولوم

$$Q = n \times q_e$$

$$n = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$\therefore n = 6.25 \times 10^{18}\ e$$

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) كم عدد أنواع الشحنات الكهربائية الموجودة؟

(ب) ما وحدة القياس الدولية للشحنة الكهربائية؟

2–1 العوازل والموصِّلات الكهربائية

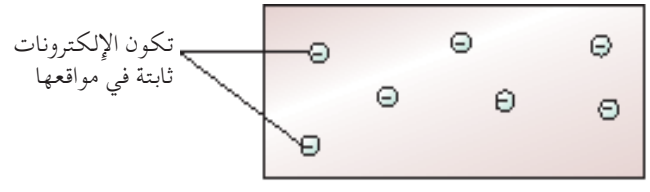
Insulators and Conductors

نجد في عملية الشحن بالاحتكاك التي ناقشناها في الجزء 1 – 1، أنه يمكن بسهولة كهربة فئة من المواد بدلكها مع فئة أخرى. وتشمل تلك المواد الزجاج، والحرير، والأبونيت، والمطاط الصلب، والفرو. وبالنسبة لهذه الفئة من المواد تنتقل الإلكترونات (شحنات سالبة) من مادة إلى أخرى، وتبقى على السطح. فهي لاتتحرك داخل المادة، ولكن تحصر عند منطقة الدلك. ونسمي تلك المواد **عوازل كهربائية**.

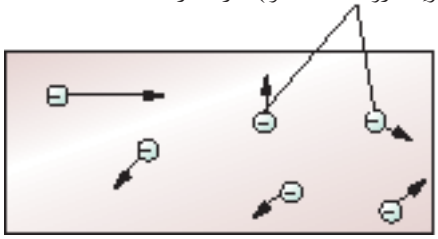
العوازل الكهربائية مواد ليس بها إلكترونات حرة، ولذا لاتوصِّل الكهرباء. الموصِّلات الكهربائية مواد بها إلكترونات حرة، وتكون قادرة على توصيل الكهرباء.

ومن ناحية أخرى توجد فئة أخرى من المواد مثل الفلزات تنساب الإلكترونات خلالها. لايمكن شحن تلك الفئة كهربائيًّا بسهولة عن طريق الدلك بالحرير أو الفرو ما لم تكن معزولة أولًا جيدًا. ونسمي مثل تلك المواد **موصِّلات كهربائية**. وتشمل الموصِّلات الكهربائية الأخرى الإلكتروليتات (محاليل موصِّلة كهربائيًّا)، والغازات المتأيِّنه المحتوية على أيونات موجبة وسالبة حرة الحركة.

نظرية الإلكترون للمادة



شكل 1 – 9 عازل كهربائي



شكل 1 – 10 موصِّل كهربائي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

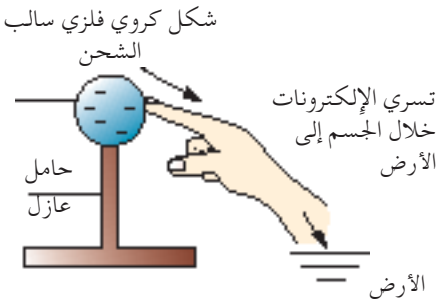
تعتبر جميع إلكترونات العوازل الكهربائية في شكل 1 – 9 (مثل البيرسبكس، والأبونيت، والزجاج) مرتبطة مع نواتها بشدة. إن إضافة أو إزالة إلكترونات من أحد الأماكن لايجعل الإلكترونات تنساب، بمعنى تُحصر الشحنة في المنطقة التي تتكون (بالدلك مثلًا) أو توضع فيها. وبالنسبة للموصِّلات الكهربائية (شكل 1 – 10) مثل الفلزات، تكون الإلكترونات الخارجية (أو إلكترونات التكافؤ) ممسوكة بشكل غير محكم، وتكون حرة نسبيًّا عن الذرات الفردية، بمعنى غير محصورة (رغم أنها ممسوكة بقوة إلى المادة ككل). وإذا اكتسبت مثل تلك المواد إلكترونات، فإنها تتحرك فيها. وبالمثل ينتج عن فقدان موصِّل الكهرباء لإلكترونات إعادة توزيع الإلكترونات المتخلفة.

معادلة العوازل والموصِّلات المشحونة كهربائيًّا

يتعادل الجسم المشحون بالتخلص من الشحنة الزائدة فيه. وتُعرف أيضًا هذه العملية بالتفريغ.

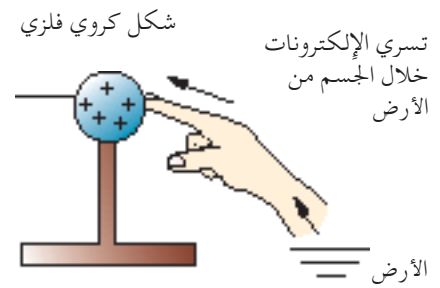
العوازل الكهربائية المشحونة: كما أن العازل الكهربائي يتطلب قدرًا غير قليل من الجهد ليشحن (مثل القضيب الزجاجي عن طريق الدلك بالحرير) فليس سهلًا كذلك إزالة الشحنة الزائدة منه. ويرجع ذلك إلى حقيقة أن الشحنات الزائدة على العازل لاتُنزع منه بسهوله. ولتفريغ الشحنة بسرعة من عازل مشحون مثل قضيب زجاجي، فإن إحدى الطرق تكون بتسخين القضيب الزجاجي على موقد بنزن. فالحرارة المكثفة تجعل الهواء المحيط بالقضيب الزجاجي يتأيَّن إلى أيونات موجبة وأيونات سالبة. وتعادل تلك الأيونات السالبة الشحنات الموجبة الزائدة على القضيب الزجاجي. وتُفَرَّغ أيضًا ببطء شحنة جميع العوازل المشحونة عند تركها في شروط رطبة. فإن بخار الماء في الجو يجعل الشحنات الزائدة على العازل تتسرب ببطء.

الموصِّلات الكهربائية المشحونة: بالنسبة لموصل كهربائي مثل شكل كروي فلزي ذو إلكترونات زائدة، يمكن إزالة الإلكترونات بتوصيله بالأرض. إن توصيل موصِّل كهربائي مشحون بالأرض، يوفر ممرًا لسريان الإلكترونات إلى الخارج، أو تجاه الموصِّل المشحون لتجعله متعادلًا كهربيًّا. ويشير مصطلح "الموصِّل الأرضي" إلى أي موصِّل كبير يمكن أن تؤخذ منه الإلكترونات أو تدخل فيه دون أن يصبح مشحونًا بشكل ملحوظ. ويبين شكل 1 – 11 عملية تعادل كهربائي لشكل كروي فلزي سالب الشحن عن طريق التوصيل الأرضي.



شكل 1 – 11 توصيل شكل كروي فلزي سالب الشحن بالأرض

وبالنسبة للشكل الكروي الفلزي موجب الشحن، سيتسبب التوصيل الأرضي في سريان الإلكترونات من الأرض تجاه الشكل الكروي موجب الشحن، لتعادله (شكل 1 – 12).



شكل 1 – 12 توصيل شكل كروي فلزي موجب الشحن بالأرض

وبالنسبة لكلا الشكلين 1 – 11، 1 – 12 يكون غرض الحامل العازل منع أي إلكترون من السريان بين الشكل الكروي الفلزي المشحون والأرض. والجسم البشري موصِّل جيد نسبيًّا، ولذا يعمل كمجرى توصيل للإلكترونات.

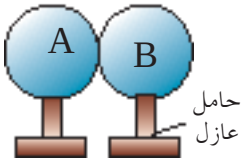
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

شحن الموصِّلات الكهربائية بالحث الكهربائي

الحث الكهربائي هو عملية شحن موصِّل دون أي تلامس بالجسم الشاحن.

(أ) لشحن موصِّلين بشحنات متساوية ومتضادة

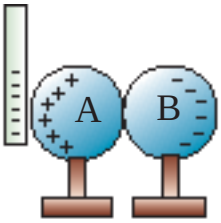
الخطوة 1 : يُلمَّس موصِّلان (أشكال كروية فلزية) على حوامل عازلة ببعضهما البعض (شكل 1 – 13).



تلامس موصِّلين كهربائيين معزولين وغير مشحونين

شكل 1 – 13

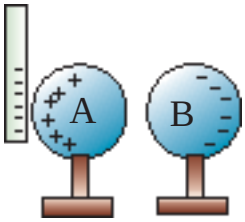
الخطوة 2 : يوضع قضيب سالب الشحن بالقرب من الشكل الكروي A (شكل 1 – 14). ويتسبب ذلك في تنافر الإلكترونات من A إلى أبعد جانب من الشكل الكروي B. وبهذا الشرط سيكون لدى الشكل الكروي A وحده شحنة موجبة زائدة (بسبب فقد إلكترونات)، بينما يكون للشكل الكروي B وحده شحنة سالبة زائدة (بسبب اكتساب إلكترونات).



حث شحنات موجبة وسالبة على A، B على التوالي

شكل 1 – 14

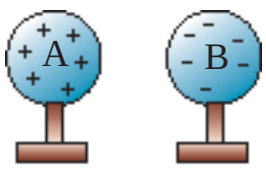
الخطوة 3 : والقضيب سالب الشحن في مكانه، يُفصل الشكلان الكرويان A، B بمسافة مستخدمين الحوامل العازلة (شكل 1– 15).



افصل A، B عن بعضهما في وجود شحنة مستحثة.

شكل 1 – 15

الخطوة 4 : يحمل الآن الشكل الكروي A شحنات موجبة مستحثة، بينما يحمل الشكل B عددًا مساويًا من الشحنات السالبة المستحثة. وتبقى الشحنة على قضيب الشحن دون تغيير (شكل 1 – 16).



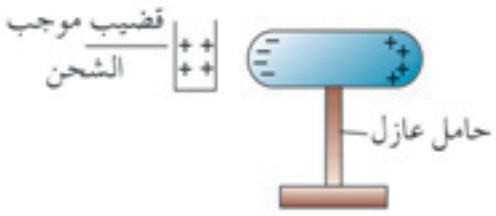
أزيلت الشحنة المستحثة؛ (A، B) لهما شحنات متضادة.

شكل 1 – 16

ماذا لو أخذت القضيب بعيدًا قبل فصل الشكلين الكرويين؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

(ب) لشحن موصِّل كهربائي وحيد بالحث

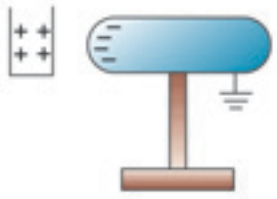


شكل 1 – 17

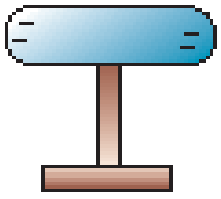
الخطوة 1: أحضر قضيبًا مشحونًا (وليكن موجب الشحن) إلى جوار الموصِّل الموضوع على حامل عازل (شكل 1 – 17).

شكل 1 – 18

الخطوة 2: ستنجذب الإلكترونات الحرة في الموصل تجاه طرفه الأقرب إلى القضيب موجب الشحن، تاركةً الطرف الآخر ليكون له شحن موجب زائد . لاحظ أن الموصِّل لايزال متعادلًا كهربائيًّا رغم إعادة توزيع الإلكترونات الحرة عليه (شكل 1 – 18).


شكل 1 – 19

الخطوة 3: دع القضيب موجب الشحن في مكانه، وصِلْ الموصِّل الذي سيُشحن بالأرض . ويمكن عمل ذلك بلمس الموصِّل بجسمنا لحظيًّا . ولأن جسمنا موصِّل جيد نسبيًّا، فإنه سيسمح بسريان إلكترونات إلى الموصِّل، لتتعادل الشحنة الزائدة الموجبة على الجانب البعيد للموصل . لاحظ الآن أن الموصِّل سيحمل شحنة سالبة زائدة (شكل 1 – 19).


شكل 1 – 20

الخطوة 4: عند إزالة القضيب الشاحن، سيعاد توزيع الشحنة السالبة الزائدة (إلكترونات) على سطح الموصِّل، للوصول إلى توازن كهروستاتيكي (شكل 1– 20).

لاحظ كذلك أن شحن موصِّل وحيد بالحث سيؤدي دومًا إلى شحنة لها علامة عكس علامة شحنة القضيب الشاحن.

ماذا يحدث إذا أزلت القضيب موجب الشحن، بينما الموصِّل لا يزال متصلًا بالأرض (يلمسها) ؟

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) ميز بين عازل كهربائي وموصِّل كهربائي .

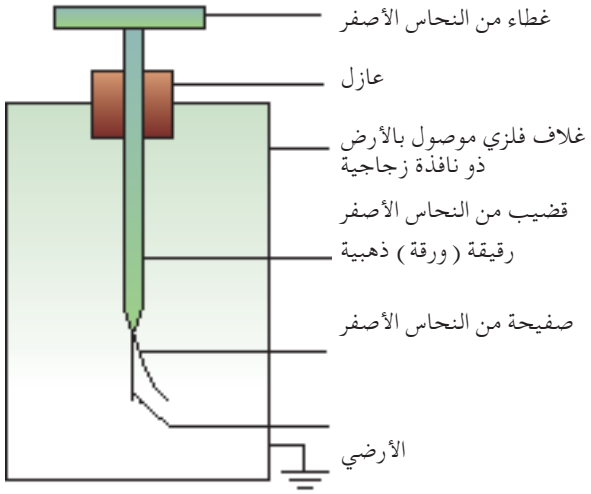
(ب) إذا أعطيت شكلين كرويين فلزيين يقفان على حوامل عازلة، وقضيب موجب الشحن، اشرح كيفية شحن الشكلين الكرويين الفلزيين بشحنات متساوية ومتضادة بالحث الكهربائي .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

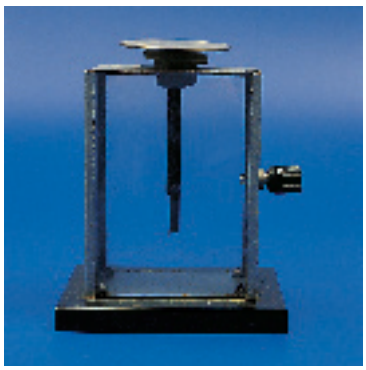
1 – 3 الكشاف الكهربائي (اختياري)

The Electroscope (Optional)

يبين شكل 1 – 21 بنية كشاف كهربائي نموذجي يستخدم للكشف عن الشحنات الكهربائية ولاختبار نوع الشحنة .



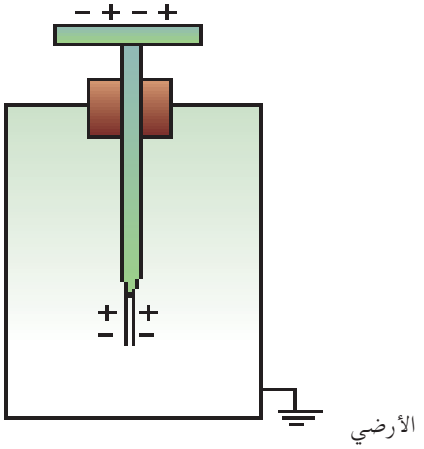
شكل 1 – 21 تركيب الكشاف الكهربائي



شكل 1 – 22 كشاف كهربائي

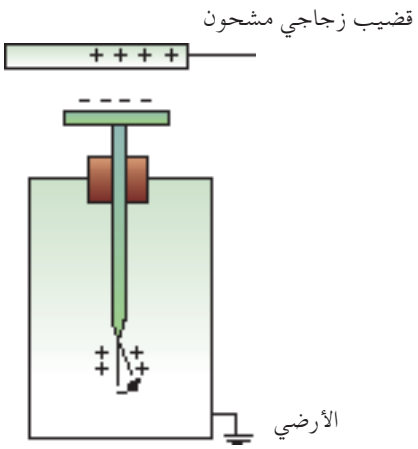
(أ) الكشف عن شحنة

تكون الورقة الذهبية في شكل 1 – 23 قريبة من صفيحة النحاس الأصفر . إنها في حالة انطباق . ويكون الغطاء النحاسي ، والقضيب النحاسي ، والصفيحة النحاسية ، والورقة الذهبية متعادلين كهربائيًا (لاتوجد شحنة زائدة) .



شكل 1 – 23 كشاف كهربائي غير مشحون

عند تقريب عازل مشحون (مثل قضيب زجاجي موجب الشحن) من الغطاء النحاسي ، تنجذب الإلكترونات الحرة من أجزاء الكشاف الكهربائي النحاسية والذهبية إلى الغطاء النحاسي ، تاركة الصفيحة النحاسية والورقة الذهبية موجبتي الشحن ، مما يجعل الورقة الذهبية تتباعد نتيجة التنافر بين الشحنات الموجبة المتماثلة (شكل 1 – 24) . ويمكننا بتلك الطريقة استنتاج أن القضيب الزجاجي قد تم شحنه .

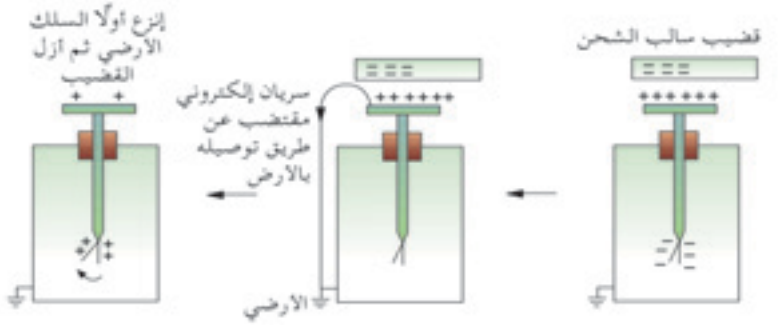


شكل 1 – 24 الكشف عن شحنة

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

(ب) اختبار للكشف عن نوع الشحنة

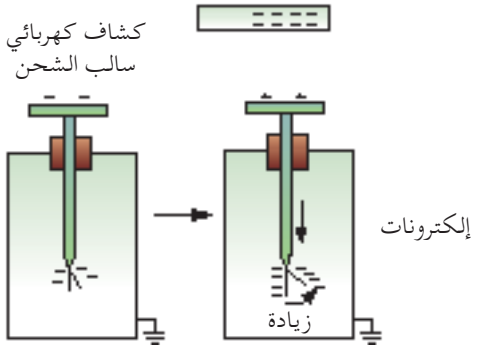
للكشف عن نوع شحنة على جسم مشحون، يجب أولًا شحن الكشاف الكهربائي، ويمكن شحنه بسهولة عن طريق الحث الكهربائي . وتبين الرسومات التالية خطوات شحن الكشاف الكهربائي بشحنة موجبة عن طريق الحث (شكل 1 – 25) .



شكل 1 – 25 شحن الكشاف الكهربائي ذي الورقة الذهبية بشحنة موجبة عن طريق الحث

الكشف عن شحنة سالبة

إذا قُرِّب قضيب مشحون ذو شحنة مجهولة من كشاف كهربائي سالب الشحن، وزاد تباعد الورقة الذهبية، يمكننا استنتاج أن الشحنة على القضيب المشحون سالبة (شكل 1 – 26) .

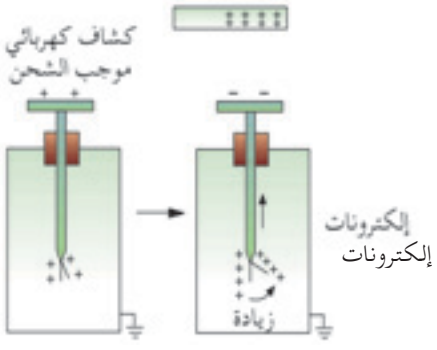


شكل 1 – 26 الكشف عن شحنة سالبة

الكشف عن شحنة موجبة

وبالمثل إذا قُرِّب قضيب مشحون من كشاف كهربائي موجب الشحن، وازداد تباعد الورقة الذهبية، يمكننا استنتاج أن الشحنة على القضيب المشحون موجبة (شكل 1 – 27) .

لاحظ أنه في حالتي الكشف عن نوع الشحنة، استخدمت فقط ظاهرة التنافر بين الشحنات المتماثلة . هل تعرف لماذا لايستخدم التجاذب بين الشحنات غير المتماثلة في الكشف عن نوع الشحنة؟



شكل 1 – 27 الكشف عن شحنة موجبة

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

أسئلة التقويم الذاتي

إذا أعطيت قضيب سالب الشحن، صف كيفية استخدامه لشحن كشاف كهربائي متعادل بشحنة موجبة.

4 – 1 المجال الكهربائي
Electric Field

القوى تكون ثنائية، وتعمل تبادليًا على جسمين في حالة تلامس. فالشخص الذي يدفع شخصًا آخر، والجسم الموضوع على المنضدة مثالين لقوى تماس.
غير أن القوة بين الشحنات الكهربائية تعمل عبر مسافة ما دون تلامس الشحنات معًا. وتتواجد تلك القوة غير التلامسية حتى عبر الفراغ.

قانون كولوم

كان كولوم أول من قام بإجراء مجموعة من التجارب العملية لإيجاد العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة الكهربية بين شحنتين واستنتج الأتي:

1) القوة الكهربية تناسب طرديا مع حاصل ضرب الشحنتين

$$F \propto Q_1 Q_2 \longrightarrow 1$$

2) القوة الكهربية تتاسب عكسيا مع مربع المسافة بين الشحنتين قانون التربيع العكسي

$$F \propto \frac{1}{R^2} \longrightarrow 2$$

من المعادلتين 1 ، 2 نستنتج أن:

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{R^2} \longrightarrow 3$$

من المعادلة 3 نجد أن

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

حيث K يعرف بثابت كولوم ويساوي ($\frac{1}{4\pi\varepsilon}$)
حيث ε سماحية الوسط العازل

قانون كولوم ينص على :
القوة الكهربية المتبادلة بين أي شحنتين كهربائيتين نقطتين تتناسب طرديا مع حاصل ضرب مقدار كل منهما وعكسيا مع مربع المسافة بينهما.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

لتصبح الصيغة الرياضية لقانون هي

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

وعندما ما يكون الوسط العازل هو الفراغ فإن سماحية الوسط لفراغ يرمز لها بالرمز (ε_0)

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2/Nm^2$$

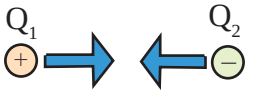
ويصبح المقدار $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ يسمى ثابت كولوم يساوي

$$K = 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2$$

∴ القوة لكهربائية بين شحنتين في الفراغ

$$F = 9 \times 10^9 \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

والقوة كمية متجهة وتعمل على الخط الواصل بين الشحنتين، أما أتجاهها ألى الداخل في حالة الشحنات المختلفة كما بالشكل (شكل1 – **28** أ) و لإتجاهها للخارج في حالة الشحنات المتشابهة كما في الشكل (شكل1 – **28 ب**)



شكل 1– 28 أ شحنات غير متماثلة

شكل 1 – 28 ب شحنات متماثلة

مثال محلول 1 – 1

أحسب قوة التناثر بين شحنة قدرها $2 \times 10^{-6}\ c$ وشحنة أخرى قدره $3\times10^{-6}\ C$ إذا كانت المسافة الفاصلة بينهما $10\ cm$.

الحل :

المعطيات :-

$$Q_1 = 2 \times 10^{-6}\ C$$

$$Q_2 = 3 \times 10^{-6}\ C$$

$$R = 10\ cm = 0.1\ m$$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_.} \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{(2\times10^{-6})(3\times10^{-6})}{(0.1)^2}$$

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-12}}{(0.1)^2} = 5.4\ N$$

تذكر أن

$$F = 9 \times 10^9 \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 1 – 2

احسب قوة التجاذب بين ايوني الكلور والصوديوم في ملح الطعام عند إذابته في الماء علماً بأن المسافة بين الأيونين $3 \times 10^{-10}\ m$ وشحنة الالكتـــرون $1.6 \times 10^{-19}\ C$ والسماحية للماء قدر سماحية الهواء 80 مرة.

الحل:

المعطيات:–

$$Q_1 = -1.6 \times 10^{-19}\ C$$

$$Q_2 = +1.6 \times 10^{-19}\ C$$

$$\varepsilon = 80\ \varepsilon_0$$

$$R = 3 \times 10^{-10}\ m$$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\ \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

$$\varepsilon = 80\ \varepsilon_0$$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 \times 80} \times \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{80\ (3 \times 10^{-10})^2}$$

$$F = 3.2 \times 10^{-11}\ N$$

ويستخدم مفهوم المجال لشرح كون القوة الكهربائية قوة غير تلامسية.
افتـرض شـحنة منفصلـة Q_1 موضوعـة فـي فـراغ. إذا وضعنا شـحنة أخرى Q_2 بالقرب منها، فإن Q_2 ستتعرض لقوة ما نتيجة المجال الذي كونه Q_1.
وسـتتعرض Q_2 إما لقوة جذب إذا كانت شـحنتها عكس الشـحنة Q_1 (شـكل 1 – 28 أ)، أو قوة تنافر إذا كانت شحنتها نفس نوع Q_1 (شكل 1 – 28 ب) ولهذا،

تعريف المجال الكهربائي :

يتواجد **المجال الكهربائي** في منطقة من فضاء تتعرض فيها شحنة موجبة صغيرة لقوة كهربائية. ويُعرَّف **اتجاه** المجال بأنه اتجاه القوة المؤثرة على شحنة موجبة صغيرة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المجال الكهربي

$$E = \frac{F}{q_0}$$

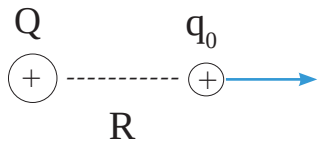
حيث

E شدة المجال الكهربي

F القوة الكهربية

q_0 مقدر الشحنة الإختبارية

من قانون كولوم



$$F = \frac{9 \times 10^9 Q\, q_0}{R^2} \quad \rightarrow (1)$$

$$\because E = \frac{9 \times 10^9 Q\, q_0}{R^2} \times \frac{1}{q_0}$$

$$\therefore E = \frac{9 \times 10^9 Q}{R^2}$$

وحدة قياس شدة المجال الكهربي E هي N/C (نيوتن / كولوم)

مثال محلول 1 – 3

أوجد شدة المجال الكهربي عند نقطة تبعد مسافة قدرها $50cm$ من شحنة موجبة مقدارها $2\mu C$

الحل

المعطيات :

$E = ?$

$R = 50\ cm = 0.5\ m$

$Q = 2\mu C = 2 \times 10^{-6} C$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{R^2}$$

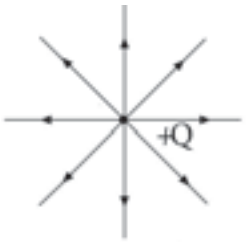
$$E = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{(0.5)^2}$$

$$E = \frac{18 \times 10^{-3}}{0.25} = 72 \times 10^3\ N/C$$

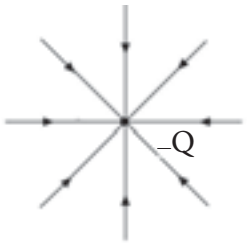
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

تمثيل المجال الكهربائي

تستخدم خطوط القوة لتمثيل اتجاه المجال الكهربائي، فتتجه خطوط القوة ناحية الخارج للشحنة الموجبة، وناحية الداخل للشحنة السالبة. ويبين شكل(1 – 29)
(أ) خطوط المجال مشيرة للخارج على شحنة موجبة، ويبين شكل (1 – 29 أ)
(ب) خطوط المجال مشيرة للداخل على شحنة سالبة شكل (1 – 29 (ب) .



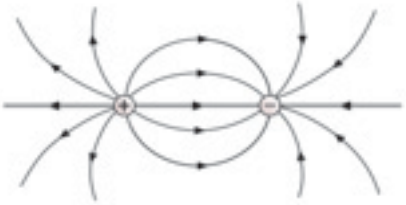
شكل 1– 29 (أ) خطوط المجال لشحنة موجبة



شكل 1 – 29 (ب) خطوط المجال لشحنة سالبة

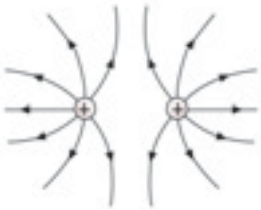
وتُبَيَّن **قوة** المجال الكهربائي بمدى اقتراب خطوط المجال من بعضها البعض. فكلما كانت خطوط المجال أقرب لبعضها، كلما كان المجال الكهربائي في هذه المنطقة أقوى. ونشاهد من شكلي 1 – 29"أ"، "ب"، أن خطوط المجال تكون أقرب لبعضها عندما تكون بجوار الشحنات الكهربائية، مما يعني أن قوة المجال تكون أقوى كلما اقتربت من الشحنة ، وتتناقص إذا ابتعدت عن الشحنة.

ويبين شكل 1–30"أ" نمط المجال الذي تكوِّنه شحنة موجبة وشحنة سالبة موضوعتان بالقرب من بعض. ويبين شكل 1–30"ب" نمط المجال الذي كونته شحنتان موجبتان.

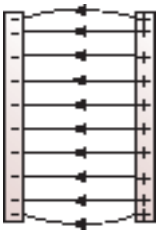


شكل 1 – 30 "أ" خطوط المجال نتيجة وضع شحنة موجبة وشحنة سالبة بالقرب من بعض

ويكون المجال الكهربائي بين صفيحتين متوازيتين متقابلتي الشحن منتظمًا عند منطقة الوسط، كما هو مبين في شكل 1 – 31. لاحظ أن خطوط المجال تبدأ من شحنات موجبة على صفيحة واحدة، وتنتهي في شحنات سالبة على الصفيحة الأخرى.



شكل 1 – 30 "ب" خطوط مجال نتيجة وضع شحنتين موجبتين بالقرب من بعض



شكل 1 – 31 خطوط مجال نتيجة صفائح مشحونة كهربائيًا ومتوازية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

1 – 5 بعض تطبيقات عملية، ومخاطر الكهرباء الساكنة

Some Practical Applications and Hazards of Electrostatics

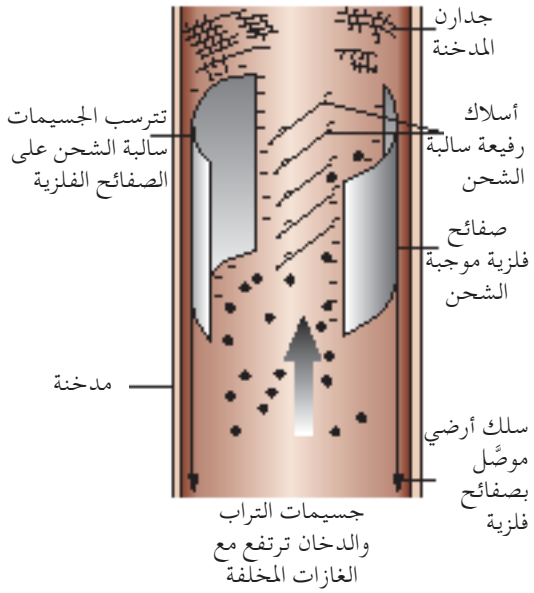
بعض تطبيقات الكهرباء الساكنة

1- إزالة رماد المدخنة

يعتبر إزالة رماد المدخنة (مخلوط من الدخان وجسيمات التراب) بواسطة مُرسِّب كهروستاتيكي من محطات القدرة الحديثة التي تعمل بالفحم تطبيقًا مهمًّا . ويتكون المرسب من عدد من الأسلاك والصفائح . وتكون الأسلاك سالبة الشحن حتى تشحن جسيمات التراب سلبًا عند المرور خلالها .

وتكون الصفائح المجمِّعة إيجابية الشحن لكي تجذب وتجمع جسيمات الرماد . تُـرَجُّ بعد ذلك الصفائح آليًّا لإزالة الرماد المتجمع ويُستخدم كمنتج ثانوي .

إن تقنية الترسيب الكهروستاتيكي مهمة أيضًا في مصانع الفولاذ، والأسمنت، والمواد الكيميائية التي تطلق كميات كبيرة من غازات المدخنة .



شكل 1 – 32 مُرَسِّب كهروستاتيكي

2- المولِّدات الكهربائية ذات الفولت العالي

إن مولد فان دي جراف مولِّد شحنة كهربائية ساكنة مفيد جدًّا، ينتج فرق جهد أو شدة جهد كهربائي حتى 14 مليون فولت . ويستخدم في الأبحاث النووية لتسريع الجسيمات دون الذرية (الأصغر من الذرة) .

شكل 1 – 33 مولِّد فان دي جراف

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

3- الطلاء بالرش

عندما يتطلب عمل ما تشغيلًا آليًّا على نطاق واسع، كما في خطوط إنتاج السيارات، يشيع استخدام الطلاء بالرش الكهروستاتيكي. فالجسم المطلوب رشه (جسم السيارة)، وفوهة أنبوب الرش (الطلاء) يُشحنا بشحنات متضادة. ويؤدي ذلك إلى التصاق الطلاء جيدًا بكل ركن في الجسم ليعطي طبقة طلاء منتظمة. وتعتبر تلك الطريقة فعّالة، واقتصادية، وذات كفاية عالية.

شكل 1 – 34 الطلاء بالرش

بعض أخطار الكهرباء الساكنة

1- البرق

من الشائع رؤية وميض البرق مباشرة قبل وأثناء أي عاصفة رعدية، ويرجع ذلك إلى تكوُّن كمية شحنة كهربائية كبيرة في السحب الرعدية الكثيفة. تُشحن السحب الرعدية باحتكاك جزيئات الماء داخلها مع جزيئات الهواء.

وعندما تكون الشحنة على السحب الرعدية كبيرة بشكل كافٍ، فإنها تؤين الهواء الذي يوفر عندئذ مسارًا موجِّهًا لكمية الشحنة الضخمة التي تُفرَّغ في أقرب جسم، أو في الجسم الأكثر حدة على الأرض.

ويفسر ذلك خطورة السباحة في البحر المفتوح، أو اللعب في الملاعب المكشوفة، أو الاختباء تحت شجرة أثناء العواصف الرعدية.

ويجب على الجنود الذين يحفرون الخنادق فوق قمم الجبال عدم استخدام صفائح الزنك كشكل من الحماية أثناء أي عاصفة رعدية.

ولمنع البرق من إتلاف البنايات العالية، تُستخدم موانع الصواعق. والغرض منها (انظر شكل 1 – 35) توفير مسار تفريغ ثابت لعدد الإلكترونات الضخم في الهواء حتى تسري من قمة البناية إلى الأرض، مما يقلل من فرص صواعق البرق (بسبب تفريغ الشحنة المفاجئ).

شكل 1 – 35 يمنع مانع الصواعق أي تلف محتمل لبناية خلال العواصف الرعدية.

2- الحرائق أو الانفجارات

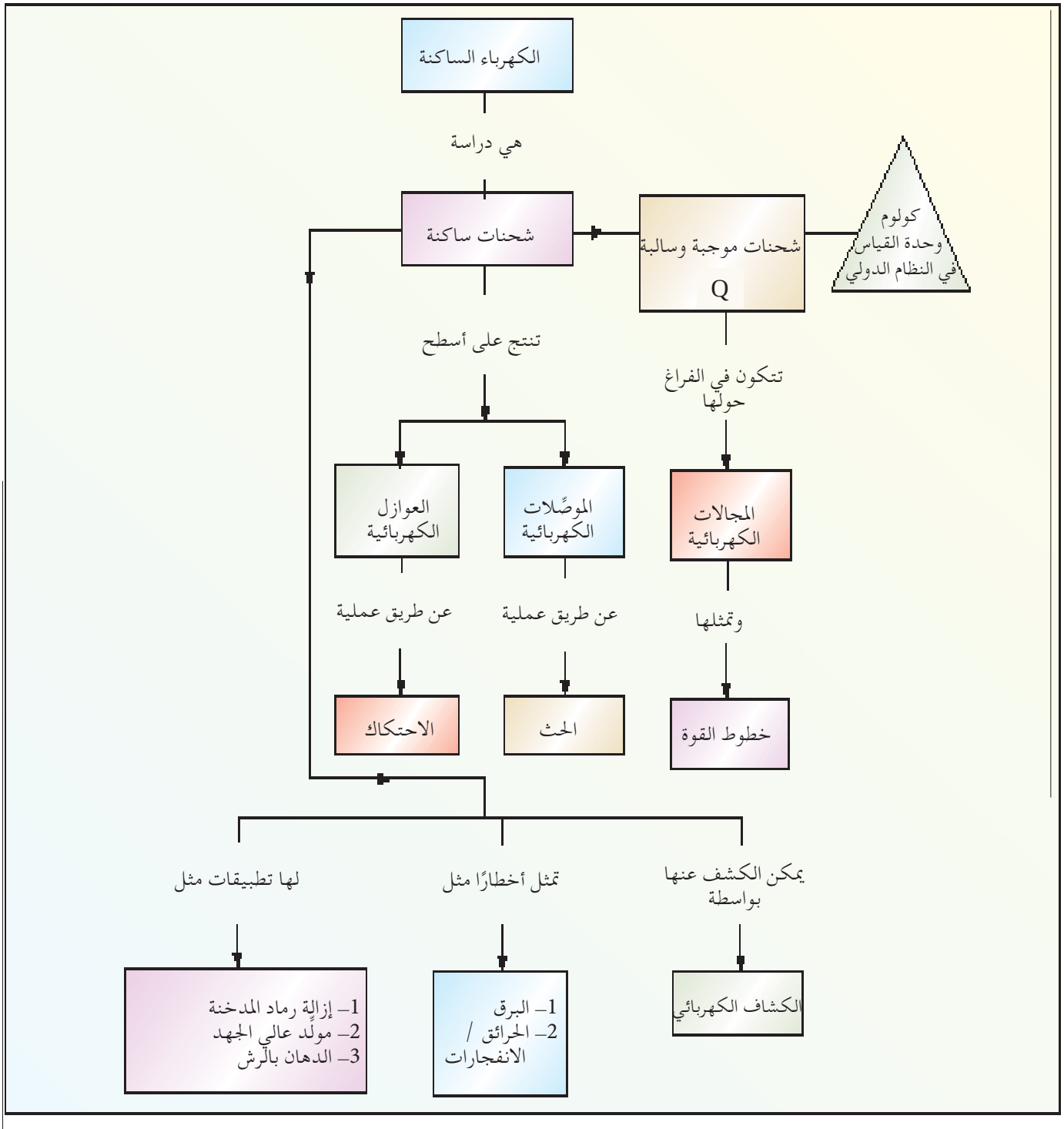
قد تحدث الحرائق أو الانفجارات نتيجة التجمع الزائد للشحنات الكهربائية الناتجة عن الاحتكاك. فتتراكم على سبيل المثال الشحنات الكهربائية على أي طائرة أثناء طيرانها، وعلى الشاحنات عند نقلها سوائل قابلة للاشتعال. ويمكن اتخاذ بعض الخطوات الوقائية لتجنب مثل تلك الأخطار. تصنع إطارات الطَّيَّارات من مطاط موصل للكهرباء بشكل طفيف، فتُفَرَّغ الكمية الكبيرة من الشحنة المكونة على هيكلها أثناء الطيران لحظة ملامسة الأرض من دون ضرر.

التربية الوطنية

ليبيا إحدى الدول الأقل عرضة للبرق في العالم، في حين تعتبر ماليزيا إحدى الدول الأكثر عرضة للبرق في العالم. فالبرق هو التفريغ الكهربائي الذي يحدث عندما تفرغ الكهرباء الساكنة المكونة في السحب شحنتها. ماذا تفعل إذا تعرضت لعاصفة رعدية؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا

خريطة مفاهيم



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المهارة : استدلال

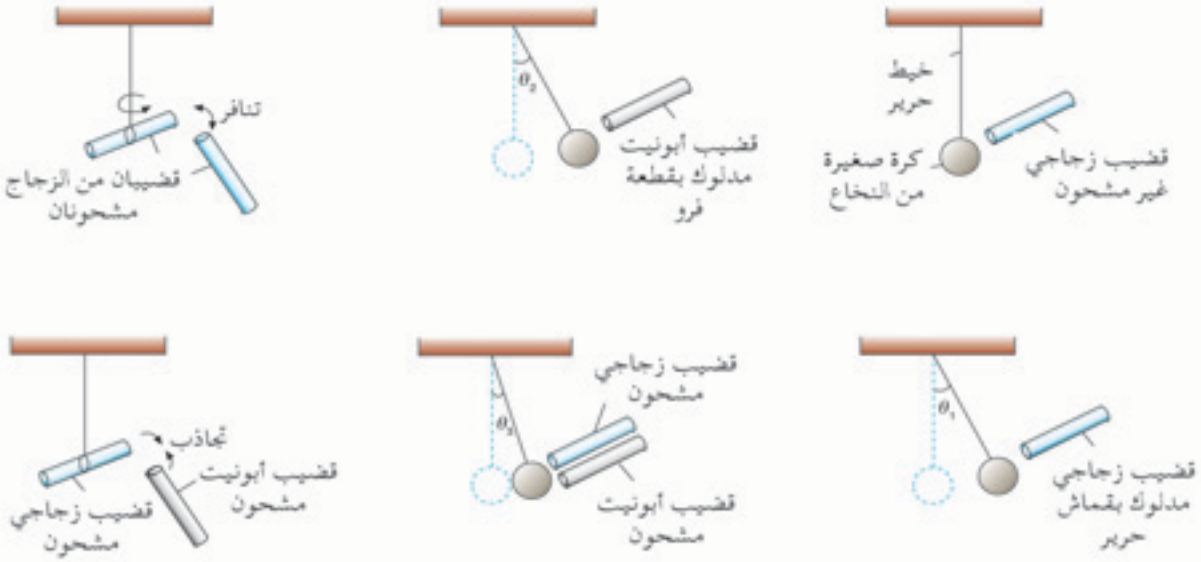
يحتوي المنظم البياني التالي على قائمة بالمشاهدات في بعض التجارب الكهروستاتيكية . عليك استدلال الخواص الثلاث للشحنات الكهربائية .

ما تستدل عليه

خواص الشحنات الكهربائية

↓

بعض المشاهدات



↓

ثلاثة استنتاجات عن خواص الشحنات الكهربائية

1- .....

2- .....

3- .....

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التمرين الأول

الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

1- وحدة قياس الشحنة الكهربائية هي :

(أ) الكولوم .

(ب) الأمبير .

(جـ) الفولت .

(د) الوات .

2- كيف يختلف الموصِّل الكهربائي عن العازل الكهربائي؟

	الموصل	العازل
(أ)	سالب الشحن .	موجب الشحن .
(ب)	له إلكترونات حرة .	ليس له إلكترونات حرة .
(جـ)	يسخن بسرعة جدًّا .	يسخن ببطء فقط .
(د)	لايمكن شحنه .	يمكن شحنه .

3- يصبح القضيب الزجاجي موجب الشحن عند دلكه بالحرير، ويصبح مشحونًا لأنه :

(أ) يكتسب بروتونات .

(ب) يكتسب إلكترونات .

(جـ) يفقد إلكترونات .

(د) يكتسب بروتونات، ويفقد إلكترونات .

4- إذا تنافرت كرة نخاع بقضيب من المطاط، ماذا تستنتج عن الشحنات على كرة النخاع والقضيب المطاطي؟

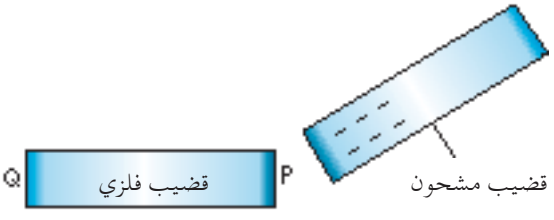
(أ) القضيب فقط مشحون .

(ب) كرة النخاع فقط مشحونة .

(جـ) إما القضيب مشحونًا أو كرة النخاع مشحونة، ولكن ليس الاثنين معًا .

(د) يحمل كل من القضيب وكرة النخاع شحنات لها نفس النوع .

5- يبين الرسم قضيبًا سالب الشحن بالقرب من قضيبًا فلزيًّا، ولكنه لايلمسه .



أي من العبارات التالية أفضل وصف لحركة الشحنات؟

(أ) تقفز الإلكترونات من القضيب المشحون إلى القضيب الفلزي عبر الفجوة .

(ب) تنتقل الإلكترونات في القضيب الفلزي من الطرف P للطرف Q .

(جـ) تنتقل الشحنات الموجبة في القضيب الفلزي من الطرف Q إلى الطرف P .

(د) تنتقل الشحنات الموجبة في القضيب المشحون من الطرف P إلى الطرف Q .

6 – إذا زاد مقدار احدى الشحنتين إلى الضعف مع ثبوت المسافة بينهما فإن القوة بينهما .

(أ) تقل إلى الربع

(ب) تقل إلى النصف

(جـ) تزداد إلى الضعف

7 – وحدة قياس ثابت كولوم هي

(أ) $N.m / C^2$

(ب) $N.m^2 / C^2$

(جـ) $N.m^3 / C^3$

8 – في نفس الوسط إذا زادت المسافة بين شحنتين إلى الضعف فإن القوة

(أ)تبقى ثابتة

(ب) تقل إلى النصف

(جـ) تقل إلى الربع

9 – نقطة التعادل بين شحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً

(أ) تقع في منتصف المسافة بينهما .

(ب) تقع خارجها وعلى الخط المستقيم الواصل بينهما .

(جـ) لا وجود لنقطة التعادل .

10 – وحدة قياس شدة المجال الكهربي هي

(أ) $N.C$

(ب) $\frac{C}{N}$

(جـ) $\frac{N}{C}$

(د) $\frac{N.m}{C}$

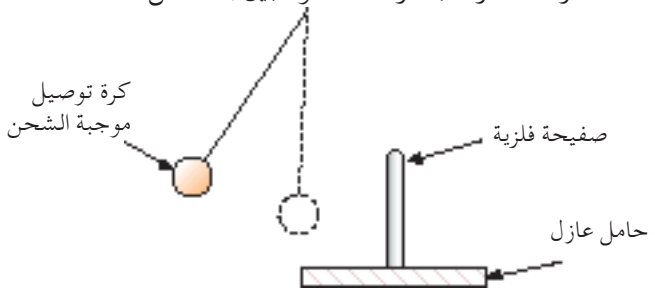
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

1- (أ) لماذا يمكن لأحد المسافرين جوًا أن يصاب بصدمة كهربائية عند ملامسة مقبض باب دورة المياة في طيَّارة تطير على ارتفاع عالٍ؟

(ب) لماذا يُركِّب بعض أصحاب السيارات في سياراتهم بالبلاد المعرضة للعواصف الرعدية سلسلة دقيقة تجرجر على الطريق؟

2 - عُلِّقت كرة توصيل خفيفة موجبة الشحن رأسيًّا في خيط عازل. وعند تقريب صفيحة فلزية على حامل عازل، تنحرف الكرة مباشرة كما هو مبين بالشكل.



(أ) لماذا تنتقل الكرة في الحال إلى الموقع الجديد؟

(ب) كيف توضح حركة الكرة معنى المصطلح: المجال الكهربائي؟

3- كرتان مشحونتان متماثلتان تفصل بينهما مسافة (3cm) في الهواء تتنافران بقوة (4×10^{-5} N) أحسب الشحنة على كل كرة .

4- ما عدد الالكترونات التى تضمها شحنة مقدارها (4C) .

5- وضع الكترون في مجال كهربائي منتظم فتأثر بقوة مقدارها (4.8×10^{-15} N) أحسب شدة المجال الكهربائي .

6- يدور الكترون في ذرة الهيدروجين في مسار دائري نصف قطره 5.3×10^{-11} m حول النواة التي يوجد بها بروتون واحد . احسب مقدار القوة المتبادلة بين الكترون والبروتون . وما نوع هذه القوة ؟

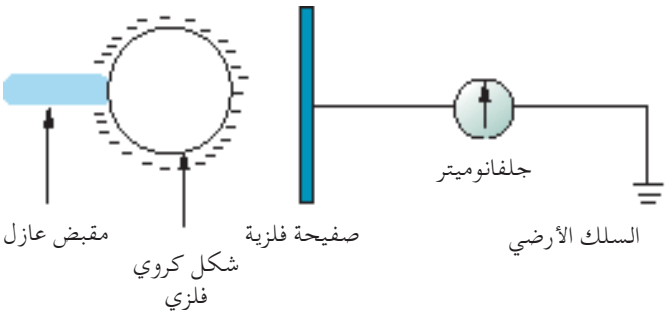
7- ما مقدار شحنة موضوعة على بعد (0.1 m) من مجال كهربائي شدته (1800 N / C) ؟

8- يبين الرسم شكلًا كرويًّا سالب الشحن ممسوكًا بمقبض عازل. عند تحريك الشكل الكروي ناحية الصفيحة الفلزية، يبين الجلفانوميتر الحساس جدًّا تيارًا لحظيًّا.

(أ) لماذا ينتج تيار لحظي؟

(ب) كيف يمكن إحداث انحراف لمؤشر الجلفانوميتر في الاتجاه المقابل؟

(جـ) لماذا لايوجد انحراف لمؤشر الجلفانوميتر إذا مُسِك الشكل الكروي الفلزي باليد، وتم تحريكه ناحية الصفيحة الفلزية؟



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا

الوحدة 2

الكهرباء التيارية

تعتمد معظم أجهزتنا الحديثة من المصباح الكهربائي إلى الإذاعة المرئية، ومن الفولتمتر إلى الحاسوب على الكهرباء لتعمل. نحن نعتمد على الكهرباء لدرجة صعوبة تصور الحياة من دونها. ولأننا نعتمد كثيرًا على الكهرباء، فمن المهم معرفة ما هي الكهرباء حتى نستفيد منها بأحسن شكل ممكن.

سنناقش الكميات الكهربائية مثل التيار، والمقاومة، والقوة الدافعة الكهربائية، وفرق الجهد. احرص على معرفة معاني تلك الكميات.

مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف ...

- تذكر أن التيار هو معدل سريان الشحنات، ويقاس بالأمبير.
- تُفرِّق بين التيار التقليدي وسريان الإلكترونات.
- تتذكر العلاقة: الشحنة تساوي شدة التيار X الزمن.
- تُطبِّق العلاقة بين الشحنة، والتيار، والزمن في مواقف جديدة، أو لحل مشكلات ذات صلة.
- تُعرِّف القوة الدافعة الكهربائية على أنها الشغل المبذول من قِبَل مصدر ما في دفع وحدة شحنة حول دائرة كهربائية كاملة.
- تحسب مجموع القوة الدافعة الكهربائية حيث يتم ترتيب مصادر عديدة على التوالي.
- تذكر قياس فرق الجهد عبر مكون دائرة كهربائية بالفولت.
- تُعرِّف فرق الجهد عبر مكون في دائرة كهربائية على أنه الشغل المبذول لنقل وحدة شحنة خلال المكون.
- تذكر التعريف بأن: المقاومة تساوي فرق الجهد / تيار.
- تطبق العلاقة: المقاومة تساوي فرق الجهد / تيار في مواقف جديدة أو لحل مشكلات ذات صلة.
- تصف تجربة لتحديد مقاومة موصِّل فلزي باستخدام فولتمتر وأميتر، وتجري العمليات الحسابية الضرورية.
- ترسم وتفسر المنحنيات البيانية المميزة لفرق الجهد مقابل التيار لموصِّل فلزي عند درجة حرارة ثابتة، ولمصباح كهربائي فتيلي.
- تذكر قانون أوم وتصف الموصلات التي تخضع لقانون أوم والتي لا تخضع لقانون أوم.
- تتذكر علاقة التناسب بين المقاومة، والطول، والمساحة المقطعية لسلك ما.
- تطبق العلاقة بين المقاومة، والطول، والمساحة المقطعية لسلك ما في مواقف جديدة، أو لحل مشكلات ذات صلة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

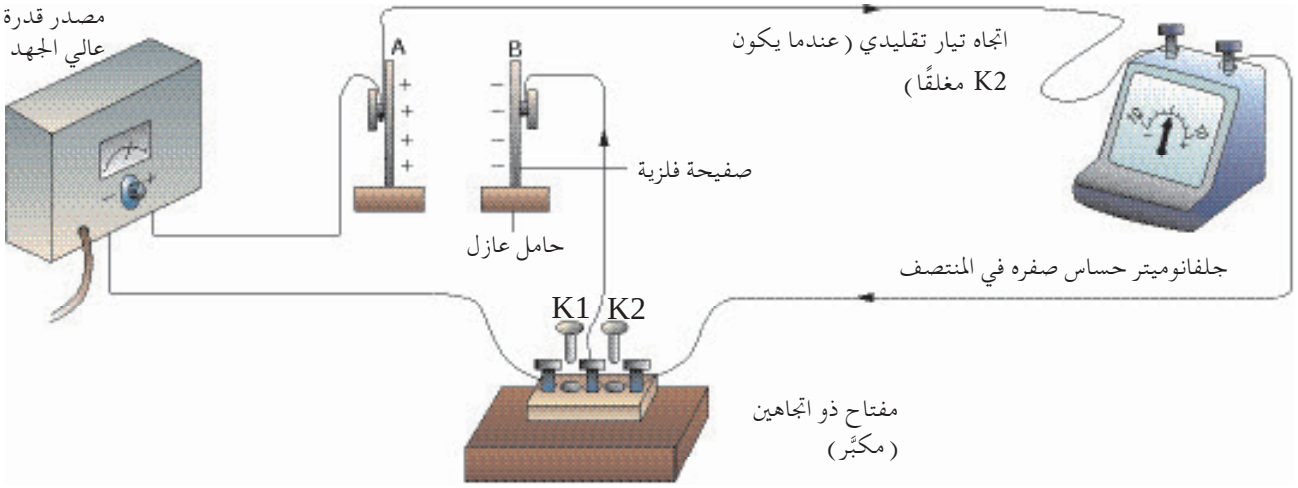
1 – 2 الشحنة الساكنة والتيار الكهربائي

Static Charge and Electric Current

تعلمنا في الوحدة الأولى إمكانية شحن العوازل والموصِّلات الكهربائية بالاحتكاك والحث. ولا تتحرك الشحنات على سطح أي موصِّل مشحون معزول، بمعنى تكون الشحنات ساكنة، ولكن إذا وفرنا مسارًا موصِّلًا فإن الشحنات تسري. وعند حدوث ذلك نقول تم إنتاج تيارًا كهربائيًّا.

ولنبين أن الشحنات المتحركة هي بمثابة تيار كهربائي، يمكننا إجراء التجربة التالية المبينة في شكل 2 – 1.

يُنزع في بداية التجربة المفتاحان K1 ، K2، وتفرغ الصفيحتان الفلزيتان A، B من شحنتيهما. صلْ K1 لتوفير مسار توصيل مستمر (يسمى دائرة كهربائية) يربط مصدر القدرة عالي الجهد بالصفيحتين الفلزيتين A، B.



شكل 2 – 1 لبيان أن الشحنات المتحركة هي بمثابة تيار كهربائي

شغل مصدر القدرة لتشحن الصفيحتين الفلزيتين إيجابًا وسلبًا بشحنتين متساويتين. انزع K1 ثم صل K2 لتوفير مسار توصيل مستمر يربط الصفيحتين الفلزيتين المشحونتين بجلفانوميتر حساس صفره في المنتصف. (الجلفانوميتر: جهاز يكشف سريان التيار).

ويُرى المؤشر في الجلفانوميتر وهو ينحرف لحظيًّا إلى أحد الجوانب ثم يعود بسرعة إلى الصفر. ويبين انحراف الجلفانوميتر وجود تيار كهربائي، ينتج عن سريان الإلكترونات من الصفيحة B سالبة الشحن خلال الجلفانوميتر إلى الصفيحة A موجبة الشحن.

وتتعادل الشحنات الموجبة عند الصفيحة A بالإلكترونات سالبة الشحنة الداخلة. ويفسر ذلك وجود تيار صغير يكشفه الجلفانوميتر، يرجع إلى تفريغ شحنة الصفيحتين الفلزيتين.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التيار الكهربائي التقليدي

من المتعارف عليه أن اتجاه التيار الكهربائي هو مع سريان الشحنة الموجبة. فتمثل الأسهم المرسومة على السلك في شكل 2 – 1 اتجاه التيار التقليدي في أثناء تفريغ شحنة الصفيحتين. وكما ذُكر سابقًا، يرجع في الواقع التيار الذي يكشفه الجلفانوميتر إلى الإلكترونات سالبة الشحن التي تنتقل من الصفيحة B إلى الصفيحة A. يكون سريان الإلكترونات هذا في الاتجاه المقابل لاتجاه التيار التقليدي.

قياس شدة التيار الكهربائي

شدة التيار الكهربائي I قياس لمعدل سريان الشحنة الكهربائية Q خلال قطاع مستعرض معين من موصل كهربائي. وباستخدام الرموز:

$$I = \frac{Q}{t}$$

حيث شدة التيار تساوي I
الشحنة تساوي Q
الزمن يساوي t

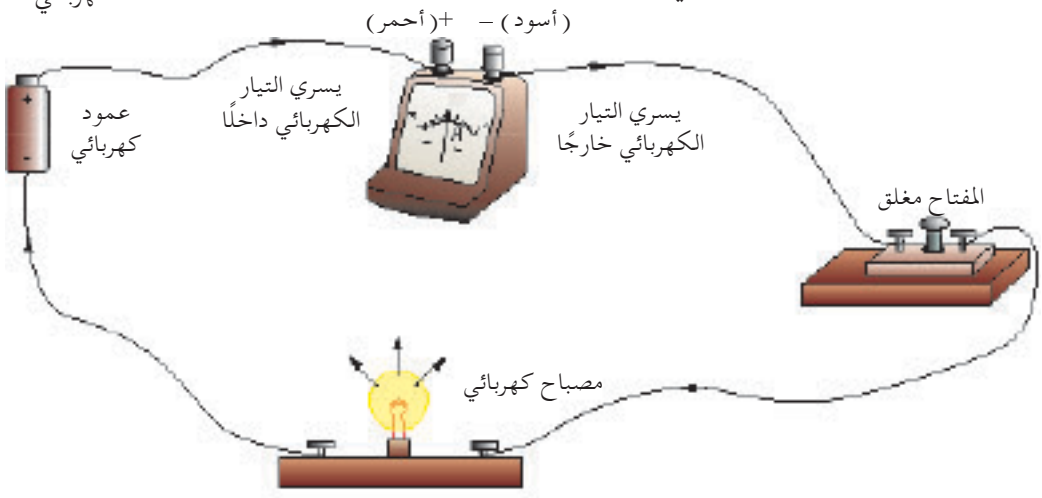
وكما تعلمنا في الوحدة الأولى أن وحدة قياس الشحنة هي الكولوم (C) فإن وحدة قياس التيار هي الأمبير (A). ويمكن لذلك القول بأن تيارًا شدته واحد أمبير هو سريان شحنة بمعدل واحد كولوم كل ثانية. (ملحوظة: هذا ليس تعريف الأمبير).

$$1\ A = \frac{1C}{1s}$$

وسيعني تيار أكبر وليكن 10 A سريان 10 C من الشحنات خلال قطاع مستعرض معين من موصِّل كهربائي في ثانية واحدة. ويمكن قياس تيار شدته مثلًا 1 A أو 10 A بواسطة جهاز كهربائي يسمى **أميتر** (شكل 2 – 2).

ولاستخدام الأميتر في قياس شدة التيار الكهربائي يجب توصيله على التوالي في الدائرة الكهربائية. ويسري بهذه الطريقة التيار إلى الأميتر من الطرف الموجب (أو الأحمر) ويتركه من الطرف السالب (أو الأسود)، ويتضح ذلك في شكل 2 – 3. لاحظ وجود مسار توصيل وحيد فقط في الدائرة المتوالية.

شكل 2 – 2 يقيس الأميتر شدة التيار الكهربائي



شكل 2 – 3

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 2 – 1

إذا سرى 30 C من شحنة كهربائية خلال مقطع ما في سلك خلال دقيقتين، ما شدة التيار المار في السلك؟

الحـــل:

المعطيات: الشحنة، $Q = 30\ C$

الزمن، $t = 2 \times 60\ s$

شدة التيار، $I = \frac{Q}{t}$

$= \frac{30}{2 \times 60}$

$= 0.25\ A$

تذكر: $I = \frac{Q}{t}$

شدة التيار = الشحنة / الزمن

مثال محلول 2 – 2

شدة التيار المار في مصباح كهربائي (0.2 A) فإذا تم تشغيل المصباح لمدة 2h، ما مجموع الشحنة الكهربائية التي تمر خلال المصباح؟

الحـــل:

المعطيات: شدة التيار، $I = 0.2\ A$

الزمن، $t = 2 \times 60 \times 60\ s$

المجموع الكلي للشحنة الكهربائية يساوي التيار × الزمن

$Q = It$

$= (0.2)(2 \times 60 \times 60)$

$= 1440\ C$

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) ما المعادلة التي تربط الشحنة الكهربائية بشدة التيار الكهربائي؟

(ب) اذكر وحدة قياس شدة التيار الكهربائي في النظام الدولي.

2–2 الرموز الكهربائية

Electric Symbols

من الضروري عند دراسة الكهرباء التيارية رسم مخططات بسيطة وواضحة للدائرة الكهربائية. ويبين جدول 2 – 1 قائمة بالرموز الخاصة التي تستخدم لتمثيل الأجهزة الشائعة الموظفة عادة في الدوائر الكهربائية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية ـ ليبيا

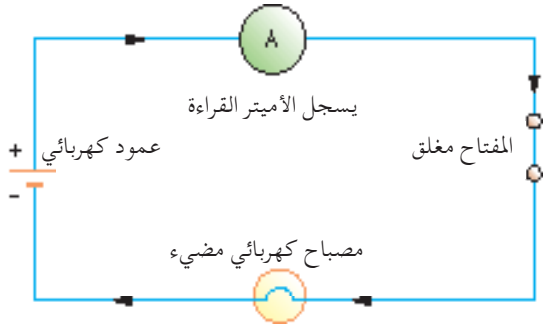
جدول 2 – 1 الأجهزة الشائعة الموظفة في الدوائر الكهربائية

الرمز	الأداة	الرمز	الأداة	الرمز	الأداة
	مفتاح	أو	مصباح كهربائي	G أو	جلفانوميتر
	عمود كهربائي		مقاومة ثابتة	A	أميتر
	نضيدة	أو	مقاومة متغيرة (أو ريوستات)	V	فولتمتر
	منبع قدرة كهربائية	أو	منصهر		مفتاح ذو اتجاهين
	أسلاك توصيل		ملف من السلك		موصّل أرضي
	أسلاك متعامدة		مُحوّل		مكثف كهربائي

تمثيل بعض رسومات الدائرة الكهربائية باستخدام رموز كهربائية

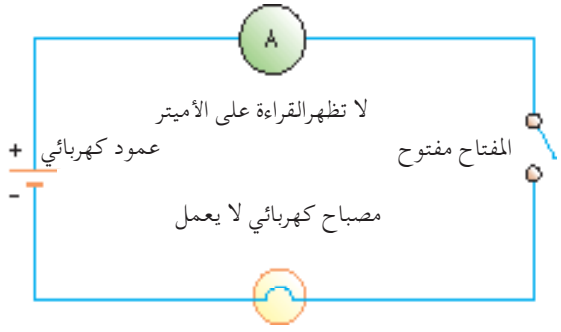
يمكن بناءً على الرموز الكهربائية في جدول 2 – 1 تمثيل الدائرة في شكل 2 – 3 المستخدم فيها الأميتر لقياس شدة التيار الكهربائي في شكل 2 – 4.

والدائرة في شكل 2 – 4 دائرة كهربائية مغلقة لوجود مسار توصيل مستمر تسري الشحنة خلاله باستمرار. يكمل الدائرة إغلاق مفتاحها، مما يتسبب في سريان تيار خلالها (شكل 2 – 4)، ويقطع الدائرة فتح المفتاح فيتوقف التيار عن السريان (شكل 2 – 5).



شكل 2 – 4 دائرة مغلقة

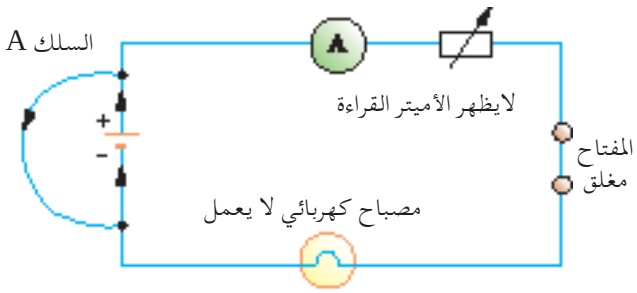
الدائرة الكهربائية في شكل(2 – 5) مثال **للدائرة الكهربائية المفتوحة**، وتحدث عند وجود انقطاع في الدائرة يمنع سريان التيار. ويمكن أن يرجع الانقطاع إلى حامل مصباح غير محكم، أو سلك ناقص في الدائرة.



شكل 2 – 5 دائرة مفتوحة

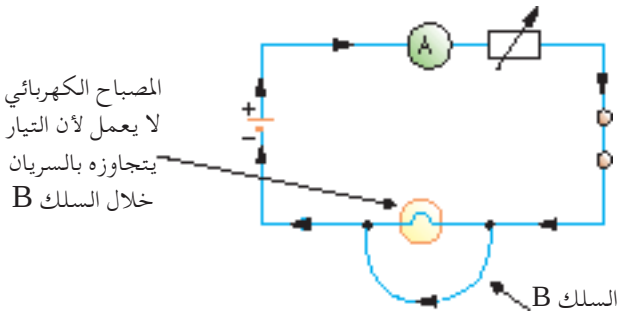
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

والدائرة في شكل 2 – 6 مثال **للدائرة الكهربائية القصيرة**.



شكل 2 – 6 دائرة كهربائية قصيرة

يعمل السلك A كمجرى جانبي للتيار بحيث يسري من الطرف الموجب للعمود الكهربائي إلى الطرف السالب دون السريان إلى بقية الدائرة. ويكون سريان التيار خلال السلك A أسهل من سريانه خلال بقية الدائرة. ويبين شكل 2 – 7 مثالًا آخر للدائرة الكهربائية القصيرة، يسري فيها التيار بالسلك B، ولا يمر بالمصباح فلا يضيء رغم مرور التيار في الدائرة.



شكل 2 – 7 دائرة كهربائية قصيرة أخرى

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) ماذا يمثل هذا الرمز ؟

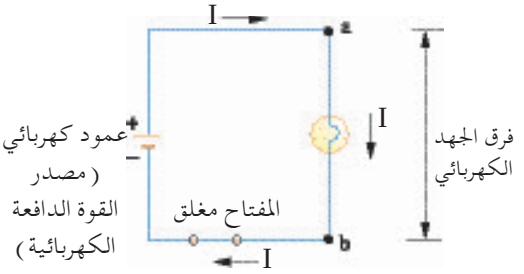
(ب) ماذا تفهم من مصطلح الدائرة المفتوحة؟

2 – 3 القوة الدافعة الكهربائية، وفرق الجهد

Electromotive Force (e.m.f.) and Potential Difference (P.D.)

إن مصدر القوة الدافعة الكهربائية جهاز تتحول فيه الطاقة غير الكهربائية (كيميائية، ميكانيكية، أو شكل من أشكال الطاقة الأخرى) إلى طاقة كهربائية. وأمثلة مصادر القوة الدافعة الكهربائية هي الأعمدة الكهربائية، والازدواج الحراري، والمولدات. ويبين شكل 2 – 8 عمودًا كهربيًّا (مصدر قوة دافعة كهربائية) متصلًا بمصباح كهربائي. وتكون القوة الدافعة الكهربائية للمصدر (عمود كهربائي) في شكل 2 – 8 قادرة على الحفاظ على طرفها العلوي موجبًا، وطرفها السفلي سالبًا (كما هو موضح بعلامات +، –).

وعند غلق المفتاح، يدفع العمود الكهربائي تيارًا (I) في اتجاه حركة عقارب الساعة عبر الدائرة. وعند دخول شحنة موجبة إلى مصدر القوة الدافعة الكهربائية عند نقطة جهدها السفلي (طرف سالب)، تبذل القوة الدافعة الكهربائية للمصدر كمية شغل على الشحنة الموجبة لتمكنها من الوصول إلى نقطة ذات جهد أعلى (طرف موجب). إن نقطة ذات جهد عالٍ هي منطقة يوجد بها عدد أكبر من الشحنات الموجبة عن أي مكان آخر. ونقطة الجهد المنخفض هي منطقة يوجد بها عدد أقل من الشحنات الموجبة (أو شحنات سالبة أكثر) عن أي مكان آخر.



شكل 2 – 8 دائرة كهربائية بسيطة

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتنمية التربوية ـ ليبيا

وتعرَّف القوة الدافعة الكهربائية لعمود كهربائي بأنها الطاقة المُحَوَّلَة من أشكال غير كهربائية إلى شكل كهربائي عند مرور واحد كولوم من شحنة موجبة خلال العمود الكهربائي .

وبالرموز :

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

حيث E تساوي القوة الدافعة الكهربائية
W تساوي الطاقة المحولة من أشكال غير كهربائية إلى شكل كهربائي
Q تساوي شحنة موجبة

ومن المعادلة السابقة تكون وحدة قياس القوة الدافعة الكهربائية هي $V = \frac{J}{C}$ والتي هي الفولت (وحدة القياس في النظام الدولي) .

يكون لدى النقطة a (المتصلة بالطرف الموجب) في شكل 2 – 8 جهد أعلى من النقطة b (المتصلة بالطرف السالب) . ونقول إنه يوجد فرق جهد كهربائي بين هاتين النقطتين .

ويكوِّن فرق الجهد الكهربائي هذا تيارًا I بين هاتين النقطتين . فعند مرور التيار من النقطة a (ذات جهد أعلى) إلى النقطة b (ذات جهد أدنى) خلال المصباح الكهربائي، تتحول الطاقة الكهربائية (نتيجة التيار) إلى أشكال أخرى (حرارة وضوء في هذه الحالة) .

ويُعرَّف فرق الجهد بين نقطتين بأنه الطاقة الكهربائية المحولة إلى أشكال أخرى عندمرور واحدكولوم من شحنة موجبة بين النقطتين .

وبالرموز :

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

حيث V تساوي فرق الجهد
W تساوي الطاقة الكهربائية المحولة إلى أشكال أخرى
Q تساوي الشحنة

ووحدة قياس فرق الجهد في النظام الدولي هي نفسها وحدة قياس القوة الدافعة الكهربائية أي : الفولت . ونعرِّف الفولت كمايلي :

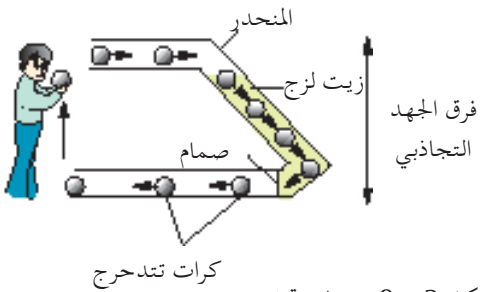
يكون فرق الجهد بين نقطتين في أي موصِّل كهربائي واحد فولت إذا تحول واحد جول من الطاقة الكهربائية إلى أشكال أخرى عند سريان واحد كولوم من شحنة موجبة خلاله .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

نظير تجاذبي لدائرة كهربائية بسيطة

يمكن مقارنة شكل 2 – 9 بشكل 2 – 8 . في حالة مصدر القوة الدافعة الكهربائية (العمود الكهربائي)، يبذل العمود شغلًا على الشحنة الموجبة لتحريكها من نقطة ذات جهد أدنى (طرف سالب) إلى نقطة ذات جهد أعلى (طرف موجب) . ويبذل الشخص شغلًا في رفع الكرات من الأرض (نقطة ذات جهد تجاذبي أدنى) إلى قمة المنحدر (نقطة ذات جهد تجاذبي أعلى) .

تتدحرج بعد ذلك الكرات لأسفل نحو منطقة الزيت اللزج . وكما تتحول الطاقة الكهربائية إلى حرارة وضوء عند سريان التيار خلال المصباح، فإن الطاقة الكامنة الجاذبة للكرات تتحول إلى طاقة حرارية في الزيت اللزج أثناء نزول الكرات خلاله .



شكل 2 – 9 نظير تجاذبي

تذكر :
القوة الدافعة الكهربائية، $E = \frac{W}{Q}$

مثال محلول 2 – 3

القوه الدافعة الكهربائية لعمود جاف 1.5 V . ما الطاقة التي يستخدمها العمود في دفع شحنة 0.4 C حول دائرة كهربائية؟

الحـــل :

المعطيات، $E = 1.5\ V$ القوة الدافعة الكهربائية
$Q = 0.4\ C$ الشحنة الكهربائية

وباستخدام $E = \frac{W}{Q}$، حيث W تساوي الطاقة التي يستخدمها العمود

ولهذا $W = EQ$
$= (1.5)(0.4)$
$= 0.6\ J$

مثال محلول 2 – 4

إذا سرت شحنة $3.75 \times 10^4\ C$ خلال سخان كهربائي، وكانت كمية الطاقة الكهربائية المحولة إلى حرارة 9 MJ، احسب فرق الجهد عبر طرفي السخان .

الحـــل :

المعطيات : $Q = 3.75 \times 10^4\ C$ الشحنة الكهربائية
$W = 9 \times 10^6\ J$ الطاقة الكهربائية

وباستخدام $V = \frac{W}{Q}$ حيث V تساوي فرق الجهد

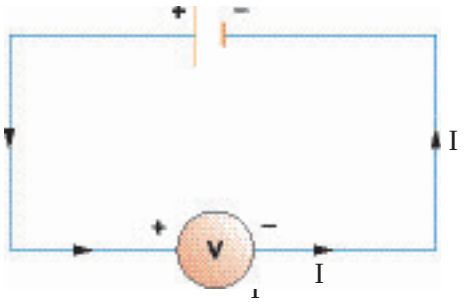
$= \frac{9 \times 10^6}{3.75 \times 10^4}$

$= 240\ V$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية ـ ليبيا

قياس القوة الدافعة الكهربائية وفرق الجهد

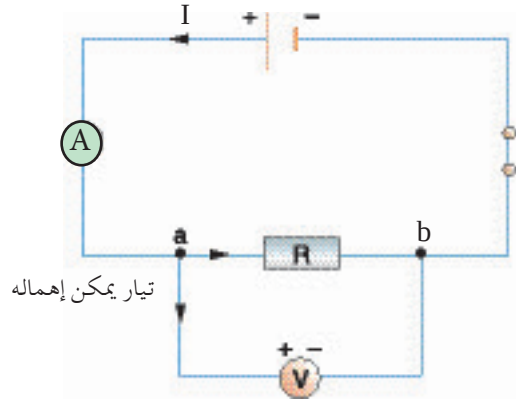
يمكن قياس القوة الدافعة الكهربائية لمصدر ما (مثل عمود كهربائي) تقريبيًّا باستخدام فولتمتر متصل مباشرة عبر أطراف المصدر . يبين شكل 2 – 10 رسم الدائرة الكهربائية لتعيين القوة الدافعة الكهربائية التقريبية لعمود كهربائي بالفولت .



شكل 2 – 10 قياس القوة الدافعة الكهربائية

لاحظ أن التيار I (عادة ما يكون صغيرًا جدًّا) يسري إلى الطرف الموجب (أو الأحمر) للفولتمير، ويتركه من الطرف السالب (أو الأسود) . ولاحظ كذلك أن الطرف الموجب للعمود الكهربائي يكون متصلًا بالطرف الموجب للفولتمتر، وأن الطرف السالب للعمود الكهربائي يكون متصلًا بالطرف السالب للفولتمتر .

ولقياس فرق الجهد بالفولت بين نقطتين على جانبي حمل (مثل مقاومة R) يوصل دائمًا الفولتمتر على التوازي مع المقاومة (شكل 2–11) .



شكل 2 – 11 قياس فرق الجهد (أو القوة الدافعة الكهربائية)

شكل 2 – 12 يقيس الفولتمتر القوة الدافعة الكهربائية أو فرق الجهد

ويجب أن يكون لدى الفولتمتر النموذجي مقاومة (ارجع إلى الجزء التالي 2 – 4) أكبر بكثير من مقاومة الحمل (المقاومة R) المتصلة عبره، وذلك لتجنب سحب تيار كبير من الدائرة الكهربائية المتصل بها .

ويجب من الناحية الأخرى أن يكون لدى الأميتر النموذجي، مقاومة أدنى بكثير من مقاومة الحمل حتى تكون كمية الطاقة الكهربائية المبددة صغيرة للغاية . وبهذه الطريقة لن يكون التيار I الساري في الدائرة الكهربائية أصغر مما يجب أن يكون عليه .

أسئلة التقويم الذاتي

ميز بين القوة الدافعة الكهربائية e.m.f. وفرق الجهد p.d. .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

4–2 المقاومة
Resistance

المقاومة خاصية من خواص أي مادة تُقيد حركة الإلكترونات الحرة فيها، وتحدد شدة التيار الذي يمكن أن يمر خلالها. تشبه تلك الخاصية الاحتكاك الميكانيكي في الأجسام المتحركة.

قياس المقاومة

تعرَّف مقاومة مادة ما بأنها النسبة $\frac{V}{I}$ ، حيث V فرق الجهد عبر المادة، I شدة التيار الساري فيها. وبالرموز:

$$R = \frac{V}{I}$$

إن وحدة قياس المقاومة في النظام الدولي هي الأوم (Ω). فواحد أوم هو مقاومة مادة ما يمر خلالها تيار واحد أمبير عندما يكون فرق الجهد بين طرفيها واحد فولت.

ومن التعريف، $R = \frac{V}{I}$

واحد أوم (Ω) يساوي $\frac{\text{واحد فولت } (V)}{\text{واحد أمبير } (A)}$

المُقاوِمات

أي موصِّل كهربائي يُستخدم لتوفير قيمة معلومة من المقاومة في دائرة كهربائية يسمى مُقاوِمَة. والغرض الرئيس للمقاومات هو التحكم في مقدار التيار الساري في الدائرة الكهربائية. ويوجد نوعان من المقاومات، المقاومات الثابتة والمقاومات المتغيرة أو (ريوستات). ويتنوع مدى قيمة المقاومات من أقل من واحد أوم إلى عدة ميجا أوم طبقًا لاستخدامها.

المقاومات الثابتة

وتشمل الأنواع الشائعة من المقاومات الثابتة (بمعنى مقاومات ذات قيم مقاومة ثابتة):

1- مقاومات طبقة الكربون.
2- مقاومات مُرَكَّب الكربون.
3- مقاومات أكسيد القصدير.
4- مقاومات السلك الملفوف.

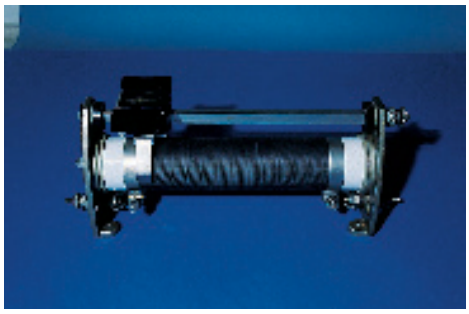
ويبين شكل 2 – 13 الأنواع العديدة من المقاومات الثابتة رغم اشتراكها جميعًا في نفس الرمز الكهربائي: —▭— .

شكل 2 – 13 الأنواع المختلفة للمقاومات الثابتة

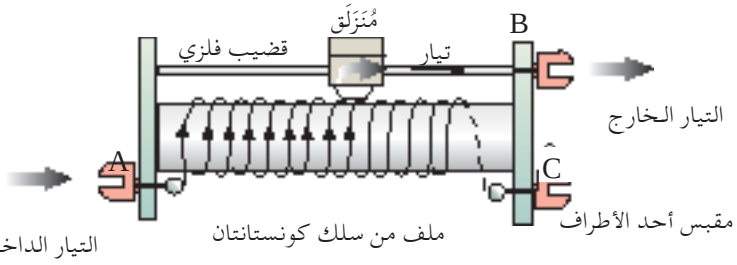
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المقاومات المتغيرة (ريوستات)

تُضمن المقاومة المتغيرة في الدائرة الكهربائية لتنويع التيار الساري فيها . ويبين شكل 2 – 14 ريوستات شائع الاستخدام في المعامل، بينما يبين شكل 2 – 15 رسمًا تخطيطيًّا لمثل ذلك الريوستات .

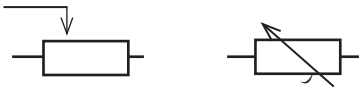


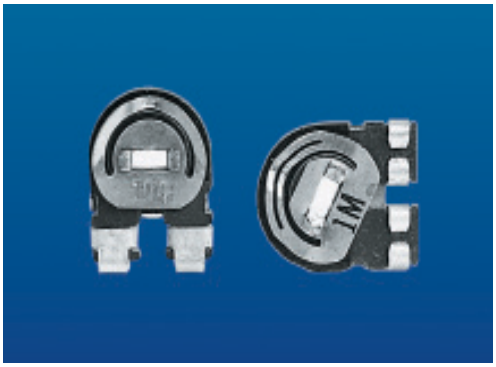
شكل 2 – 14 ريوستات



شكل 2 – 15 رسم تخطيطي لريوستات

والرمز الكهربائي للريوستات هو





شكل 2 – 16 نوع آخر من المقاومات المتغيرة

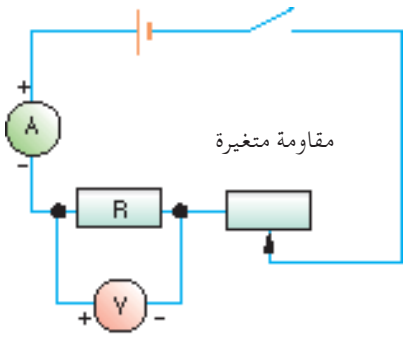
تحديد مقاومة حمل :

لتحديد مقاومة حمل ما (مثل مُقاومة مجهولة R) يمكننا تركيب دائرة كهربائية بسيطة باستخدام أميتر وفولتمتر . ويستخدم الأميتر لتعيين التيار الذي يمر خلال ذلك الحمل، ويستخدم الفولتمتر لإيجاد فرق الجهد عبر ذلك الحمل . ويمكن حساب مقاومة ذلك الحمل باستخدام تعريف المقاومة .

$R = \frac{V}{I}$ ، حيث R تساوي مقاومة الحمل

V تساوي فرق الجهد عبر الحمل

I تساوي التيار الساري خلال الحمل



شكل 2 – 17

تجربة 2 – 1

لتحديد قيمة مُقاوَمة (ذات مقاومة منخفضة) باستخدام فولتمتر وأميتر .

الأدوات : فولتمتر، أميتر، مقاومة متغيرة، مِرْكَمْ .

الإجراء :

1– صل الدائرة المبينة في (شكل 2 – 17) .

2– اضبط المقاومة المتغيرة لتسمح بسريان أقل تيار ممكن في الدائرة .

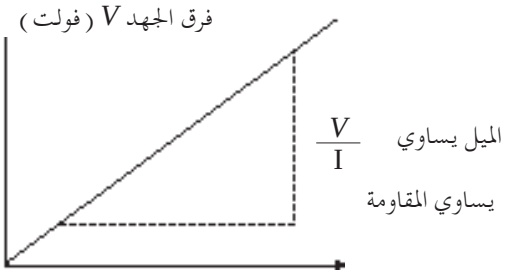
3– راقب قراءة الأميتر I وقراءة الفولتيمتر V .

4– اضبط المقاومة المتغيرة لتسمح بسريان تيار أكبر في الدائرة . ثم راقب مرة ثانية مقدار I و V .

5– كرر الخطوة السابقة مع خمس مجموعات من قراءات V ،I .

6– ارسم العلاقة البيانية V مقابل I ثم حدد ميل الخط المستقيم الناتج .

النتيجة : يبين ميل الخط البياني مقاومة الحمل R (انظر الشكل 2 – 18) .

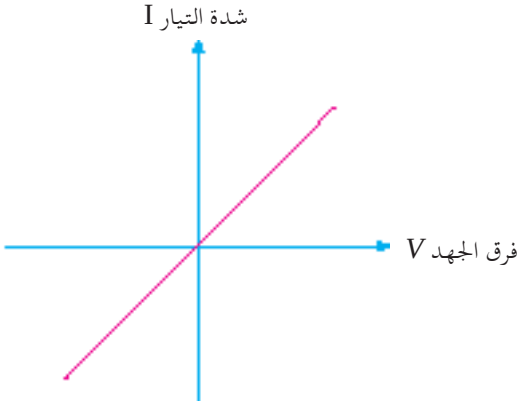


شكل 2 – 18

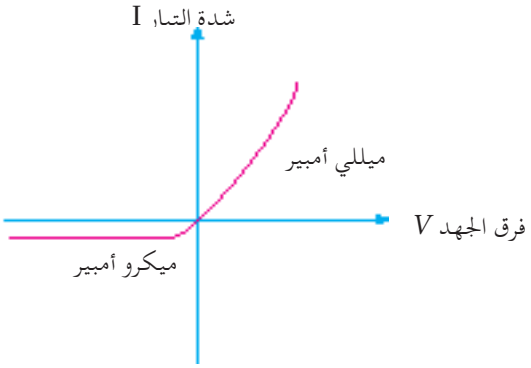
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خواص التيار – فرق الجهد (I – V) لمواد عديدة، وقانون أوم

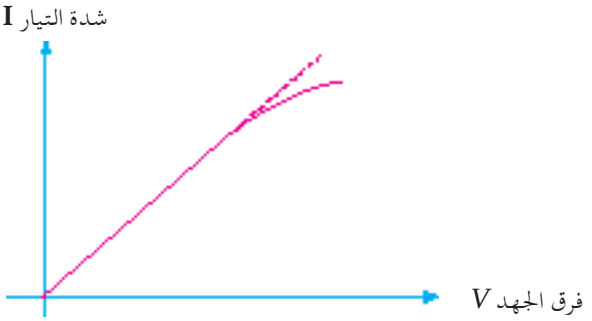
تبين الرسومات البيانية التالية الخواص النموذجية لموصلات عديدة.



شكل 2 – 19 فلزات نقية عند درجة حرارة ثابتة



شكل 2 – 20 وصلة ثنائية p–n من أشباه الموصلات



شكل 2 – 21 مصباح فتيلي

شكل 2 – 22 مُقاوِمات حرارية

بالنسبة لحالة الموصِّلات النقية (الفلزية) في شكل 2 – 19، فإن نسبة $\frac{V}{I}$ (أي R) تبقى ثابتة إذا ظلت الشروط الفيزيائية مثل درجة الحرارة ثابتة.

قانون أوم

ينص القانون على:

> تتناسب شدة التيار الساري في موصِّل كهربائي فلزي تناسبًا طرديًّا مع فرق الجهد المسلط عبر طرفيه، عندما تكون الشروط الفيزيائية (مثل درجة الحرارة) ثابتة.

وبالرموز:

$I \propto V$ حيث I هي شدة التيار،
V هي فرق الجهد.

أو

> مقاومة، $\left(R = \frac{V}{I} \right)$ لموصِّل كهربائي فلزي تكون ثابتة تحت شروط فيزيائية ثابتة.

وتوصف أي موصِّلات أخرى غير الموصلات الفلزية تخضع لقانون أوم بأنها موصِّلات كهربائية **أومِيَّة**.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية ـ ليبيا

وبالنسبة للموصِّلات الأخرى في شكل 2 – 20 إلى شكل 2 – 22 فإن نسبة $\frac{V}{I}$ تتغير لأن المنحنيات البيانية لاتبين خطًا مستقيمًا. ويعني ذلك أن المقاومة $\left(R = \frac{V}{I}\right)$ لمثل تلك الموصِّلات لا تظل ثابتة رغم أنه في حالة المصباح الفتيلي والمقاومات الحرارية تكون نسبة $\frac{V}{I}$ ثابتة إلى حد ما عند التيار المنخفض I وفرق الجهد V.

المواد الأخرى التي لا تخضع لقانون أوم تشمل المحاليل الأيونية، والغازات، والموصِّلات فائقة التوصيل، والأجهزة الأيونية الحرارية (حتى لو ظلت درجة الحرارة ثابتة)، وتسمى مثل تلك المواد **موصِّلات غير أوميَّة**.

مثال محلول 2 – 4

عند تسليط فرق جهد 240 V عبر ملف التسخين في غلاية كهربائية فإنه يدفع تيار 8 A عبر الملف.

احسب:

(أ) مقاومة الملف.

(ب) التيار الجديد الساري خلال الملف إذا تغير فرق الجهد المسلط إلى 220 V.

الحـــل:

(أ) المعطيات: فرق الجهد، $V = 240\ V$

التيار، $I = 8\ A$

وباستخدام المعادلة $R = \frac{V}{I}$

$$= \frac{240}{8}$$

$$= 30\ \Omega$$

(ب) المعطيات: فرق الجهد، $V' = 220\ V$

مقاومة الملف (نتيجة من (أ))، $R = 30\ \Omega$

وباستخدام قانون أوم:

$$V' = IR$$

وعليه $I' = \frac{V'}{R}$

$$= \frac{220}{30}$$

$$= 7.33\ A$$

وهو التيار الجديد السارى عبر ملف التسخين.

تذكر: $R = \frac{V}{I}$

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) هل تكون مقاومة الفتيل في المصباح الكهربائي أصغر عندما يكون ساخنًا أم عندما يكون باردًا؟

(ب) هل ينطبق قانون أوم على أشباه الموصِّلات الكهربائية؟ لماذا؟

(جـ) اذكر العوامل التي تحدد مقاومة أي موصل كهربائي؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المقاومة النوعية :

إلى جانب درجة الحرارة، تعتمد أيضًا مقاومة موصِّل معين R على :

(1) طوله L

(2) مساحة مقطعه المستعرض A

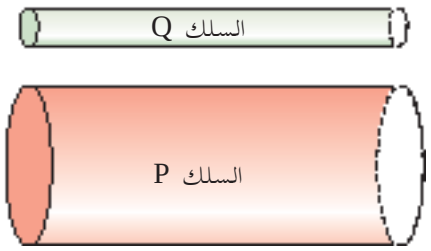
(3) نوع المادة.

تحـــدٍ

لقد أعطيت الأدوات التالية : أميتر، فولتمتر، مِرْكَم، مقاوِمة متغيرة، أسلاك توصيل، 1.2 m من سلك كونستانتان.

(أ) ارسم دائرة كهربائية تمكنك من قياس مقاومة 1 m من سلك كونستانتان. ما المقاييس التي ستأخذها، وكيف ستحسب المقاومة؟

(ب) ما الخطوات الأخرى التي ستتبعها لاستقصاء كيفية اختلاف المقاومة مع طول السلك L؟

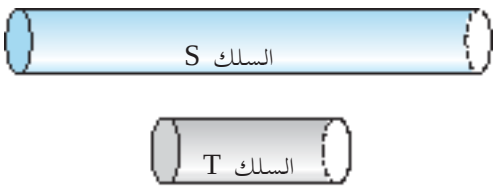


شكل 2 – 23 الأسلاك الأرفع لها مقاومة أكبر من الأسلاك الأسمك

يبين شكل 2 – 23 سلكين P، Q لهما نفس الطول ومصنوعين من نفس المادة. ومساحة المقطع المستعرض للسلك P أكبر من مساحة المقطع المستعرض للسلك Q.

لقد أوضحت النتائج التجريبية أنه كلما كانت مساحة المقطع المستعرض للسلك أكبر، كلما كانت مقاومته أصغر. ولهذا نستنتج أن المقاومة R تتناسب عكسيًّا مع مساحة المقطع المستعرض A عندما يكون طول ونوع المادة ثابتين. وبالرموز

$$R \propto \frac{1}{A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$



شكل 2 – 24 الأسلاك الأطول لها مقاومة أكبر من الأسلاك الأقصر

ويبين شكل 2 – 24 سلكين T، S لهما نفس مساحة المقطع المستعرض ومصنوعين من نفس المادة إلا أن السلك S أطول من السلك T.

ولقد أوضحت كذلك النتائج التجريبية أنه كلما كان السلك أطول، كلما كانت مقاومته أكبر. ولهذا نستنتج أن المقاومة R تتناسب طرديًّا مع الطول L عندما تكون مساحة المقطع المستعرض ونوع المادة ثابتين، وبالرموز :

$$R \propto L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتنمية التربوية ـ ليبيا

وبتوحيد النتائج في (1)، (2) نصل إلى أن

$$R \propto \frac{L}{A}$$

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

أو

حيث ρ (كمية ثابتة) خاصية لمادة الموصِّل تسمى **مقاومته النوعية** .

ومن $R = \rho \frac{L}{A}$

نصل إلى أن $\rho = \frac{RA}{L}$، ولهذا تكون وحدة قياس المقاومة النوعية ρ هي $\Omega\,m$

لأن R تُعطى Ω، A تُعطى بوحدة m^2، و L تُعطى بوحدة m . ويرصد جدول 2 – 2 قيم المقاومة النوعية لبعض المواد .

جدول 2 – 2 المقاومة النوعية لبعض المواد (عند 20^oC)

المادة	المقاومة النوعية / $\Omega\,m$
فضة	1.6×10^{-8}
نحاس أحمر	1.7×10^{-8}
تنجستين	5.5×10^{-8}
حديد	9.8×10^{-8}
كونستانتان	49×10^{-8}
نيكروم	100×10^{-8}
جرافيت	3500×10^{-8}
بوليثين	حوالي 10^{16}

يمكن من جدول 2 – 2 رؤية أنه كلما كانت المقاومة النوعية للمادة أدنى، كلما كانت المادة موصِّلًا أفضل للكهرباء. والنحاس الأحمر على سبيل المثال مقاومته النوعية ($1.7 \times 10^{-8}\,\Omega\,m$) موصِّل أفضل بكثير للكهرباء من النيكروم مقاومته النوعية ($100 \times 10^{-8}\,\Omega\,m$). ويفسر ذلك تصنيع أسلاك التوصيل في الدوائر الكهربائية عادة من النحاس الأصفر (الفضة باهظة الثمن) حتى يتمكن التيار من السريان في الأسلاك بسهولة. ويشيع من ناحية أخرى استخدام النيكروم في ملف تسخين الغلايات الكهربائية. فمقاومتها النوعية العالية تمكنها من تحويل الكثير من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية لغلي الماء. وتنطبق نفس الفكرة على التنجستين حيث يستخدم في المصابيح الكهربائية لتحويل الطاقة الكهربائية إلى حرارة وطاقة ضوئية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 2 – 5

استُخدم في مدفأة كهربائية سلك نيكروم طوله $15\ m$ ومقاومته النوعية $100 \times 10^{-8}\ \Omega\ m$ كعنصر تسخين.

(أ) احسب مقاومة سلك النيكروم علمًا بأن مساحة مقطعه المستعرض $2 \times 10^{-7}\ m^2$.

(ب) إذا استبدل سلك النيكروم بسلك من النحاس ذي مقاومة نوعية $1.7 \times 10^{-8}\ \Omega\ m$ وذي طول ومساحة مقطع مستعرض متطابقة، احسب مقاومة السلك النحاسي ثم علّق على هذه القيمة بالنسبة للقيمة في (أ).

الحـــــل:

(أ) المعطيات: طول سلك النيكروم، $L = 15\ m$

المقاومة النوعية لسلك النيكروم، $\rho = 100 \times 10^{-8}\ \Omega\ m$

مساحة مقطعه المستعرض، $A = 2 \times 10^{-7}\ m^2$

ولنفترض أن مقاومة سلك النيكروم هي R

وباستخدام $R = \rho \frac{L}{A}$ إذًا،

$$R = \frac{(100 \times 10^{-8})(15)}{2 \times 10^{-7}} = 75\ \Omega$$

(ب) المعطيات: المقاومة النوعية للنحاس، $\rho' = 1.7 \times 10^{-8}\ \Omega\ m$

ولنفترض أن مقاومة سلك النحاس هي R'.

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

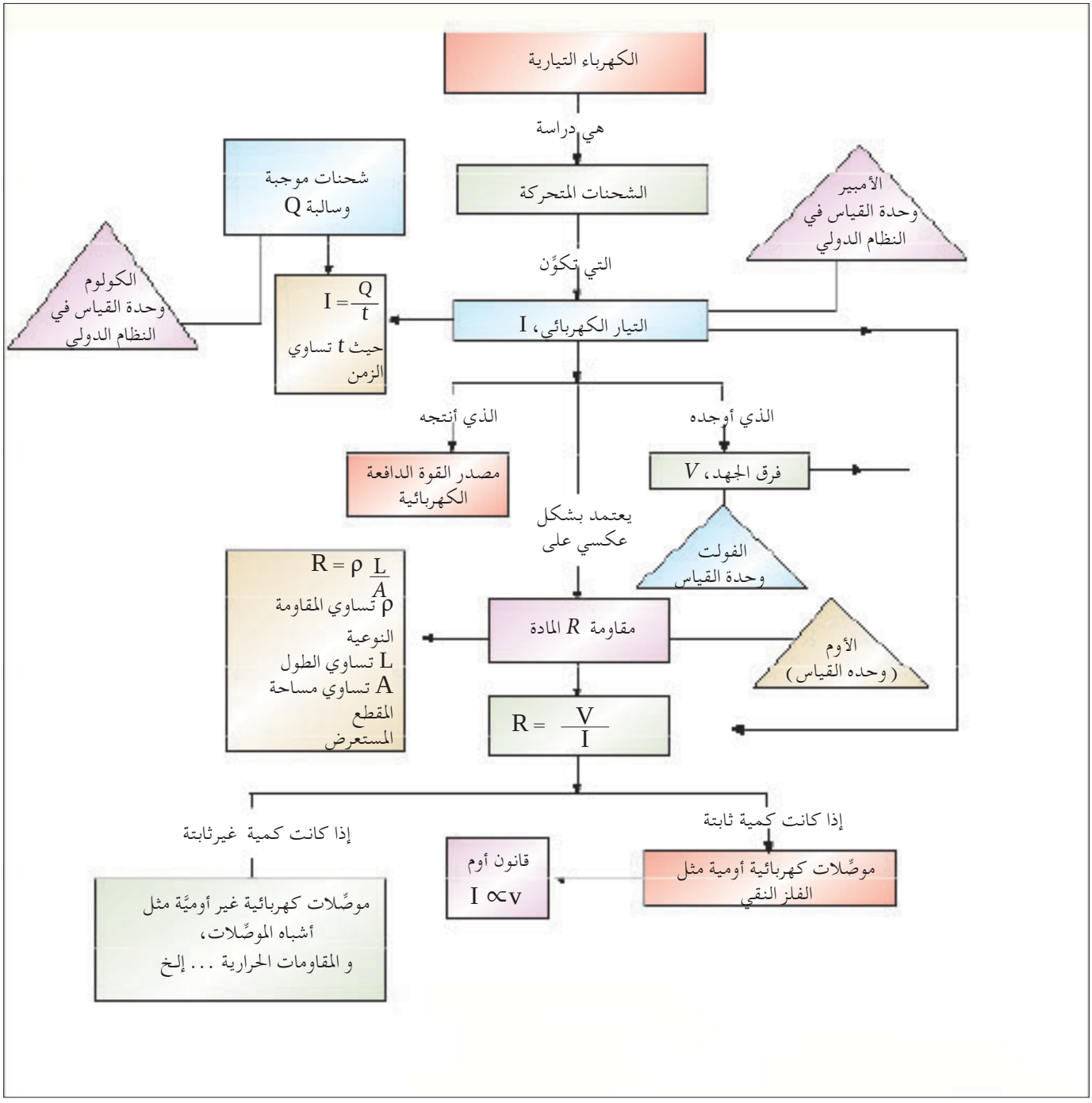
$$R' = \frac{(1.7 \times 10^{-8})(15)}{2 \times 10^{-7}} = 1.3\ \Omega$$

تعليق: إن سلك النحاس ليس ملائمًا كعنصر تسخين نتيجة مقاومته المنخفضة للغاية $1.3\ \Omega$. إن سلك النيكروم أكثر ملاءمة لأن له مقاومة أعلى بكثير $75\ \Omega$.

تذكر: $R = \frac{\rho L}{A}$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

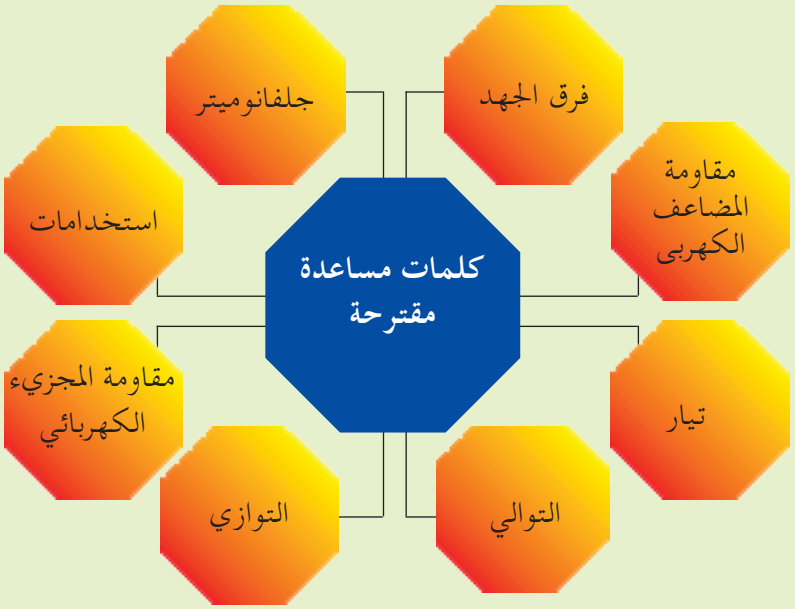
خريطة مفاهيم



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المهارة : المقارنة

هيا نقارن فولتمتر ذا ملف متحرك، و أميتر.



التشابهات

1–
2–

الاختلافات

فولتمتر		أميتر
	1–	
	2–	
	3–	

الاستنتاج

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التمرين الثاني

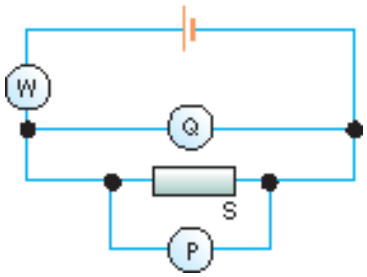
الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

1- شدة التيار في مصباح كهربائي هي $0.2\ A$. فإذا أضيء المصباح لمدة ساعتين، ما الشحنة الكهربائية الإجمالية المارة في المصباح؟

(أ) $0.4\ C$ (ب) $240\ C$

(جـ) $600\ C$ (د) $1440\ C$

2- في أي المواقع يجب توصيل الفولتمتر لقياس فرق الجهد عبر المقاوم S؟



(أ) P فقط (ب) Q فقط

(جـ) P أو W (د) P أو Q

3- مقاومة سلك ما هي R وطوله ومساحة مقطعه المستعرض هما L، A على التوالي. عند زيادة طوله إلى 3L ومساحة مقطعه المستعرض إلى 2A، تصبح مقاومته...

(أ) $\frac{2}{3}R$ (ب) $\frac{3}{2}R$ (جـ) $2R$ (د) $3R$

4- سلك طوله $140\ cm$ منتظم المقطع مساحة مقطعه $7\times10^{-4}mm^2$ و المقاومة النوعية لمادته $5\times10^{-7}\Omega.m$

أحسب مقاومته.

(أ) $10\ \Omega$

(ب) $20\ \Omega$

(جـ) $100\ \Omega$

(د) $200\ \Omega$

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

1- (أ) ما العلاقة بين شدة التيار I والشحنة Q؟ اذكر وحدة قياس كل منهما بالترتيب.

(ب) تم توصيل شكل كروي مشحون كهربيًّا بشحنة $0.4\ mC$ بالأرض عن طريق سلك. احسب متوسط التيار الساري خلال السلك إذا كان الوقت المستغرق لتفريغ شحنة الشكل الكروي هي $0.2\ s$، ارسم شكلًا يوضح اتجاه سريان التيار التقليدي.

2- (أ) اذكر قانون أوم. وما الشروط الواجب توافرها حتى ينطبق قانون أوم؟ مقاومة مصباح كهربائي فتيلي $1.2k\Omega$، فإذا احتاج تيارًا $0.2\ A$ ليضيء، ما فرق الجهد بين طرفي المصباح عند استخدامه؟

(ب) ارسم العلاقة البيانية للتيار I مقابل فرق الجهد V للمواد التالية:

(1) مصباح كهربائي فتيلي.

(2) مقاوِم حراري.

(3) صمام ثنائي لشبيه الموصِّل الكهربائي.

(4) فلز نقي.

3- (أ) عَرِّفْ المقاومة واذكر وحدة قياسها.

(ب) دُوِّنَت قيم فرق الجهد عبر مقاومة مجهولة والتيارات الكهربائية المناظرة السارية خلالها في الجدول التالي:

فرق الجهد (V)	74	60	45	35	25	20
تيار (A)	7	5.6	4.1	3	2.1	1.5

ارسم العلاقة البيانية التي تسمح بحساب قيمة المقاومة المجهولة. اذكر قيمة المقاومة.

4- (أ) «مقاومة قيمتها $10\ \Omega$»، اشرحمعنى تلك العبارة.

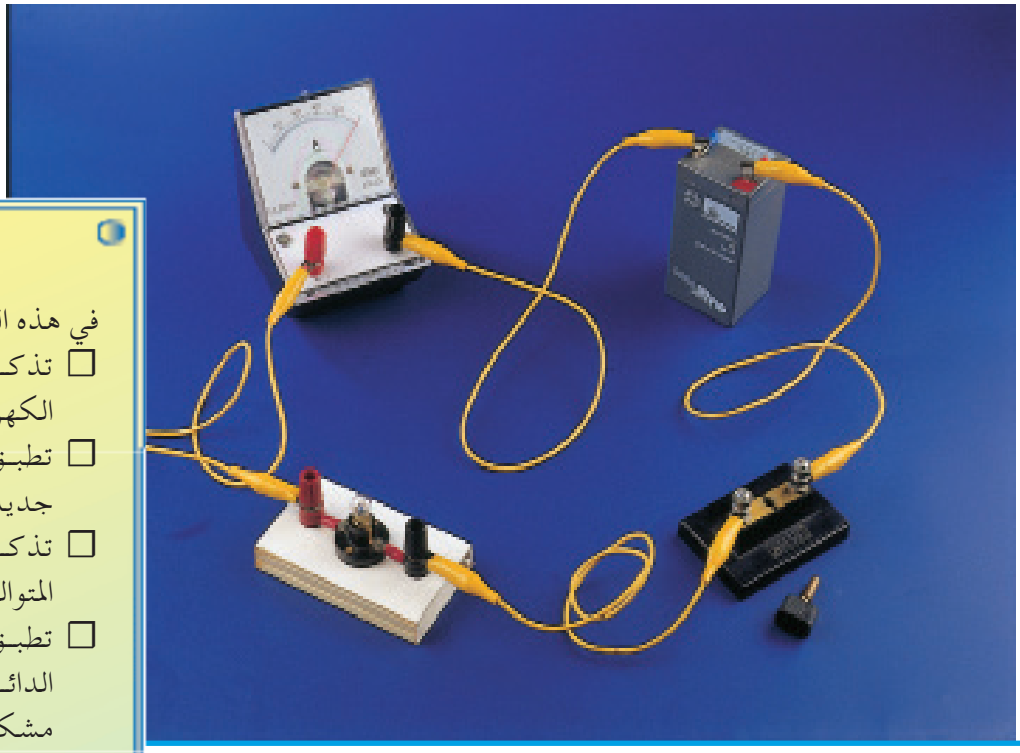
(ب) لديك فقط المواد التالية، صف تجربة لتبرهن على أن قيمة هذه المقاومة $5\ \Omega$: فولتمتر، أميتر، ريوستات، منبع تيار مستمر $12\ V$، والمقاومة (موضوع الدراسة) $5\ \Omega$.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 3

الدوائر الكهربائية ذات التيار الكهربائي المستمر

D.C. Circuits



تعلمنا في الوحدة السابقة شدة التيار و فرق الجهد والمقاومة و سنحلل في هذه الوحدة التيارات السارية في المقاومات، وفروق الجهد عبرها عند وصل المقاومات على التوالي أو على التوازي أو في مجموعات من المتواليات أو المتوازيات.

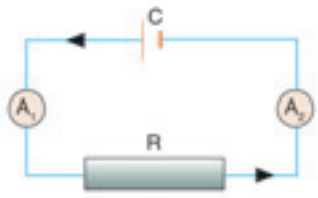
مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف...

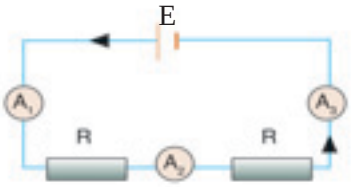
- ☐ تذكر أن التيار عند كل نقطة في الدائرة الكهربائية المتوالية متكافئ.
- ☐ تطبق مبدأ التيار في المتوالية على مواقف جديدة أو لحل مشكلات ذات صلة.
- ☐ تذكر أن مجموع فروق الجهد في الدائرة المتوالية مساوٍ لفرق الجهد عبر الدائرة كلها.
- ☐ تطبق مبدأ مجموع فروق الجهد في الدائرة المتوالية على مواقف جديدة أو لحل مشكلات ذات صلة.
- ☐ تذكر أن التيار من المنبع هو مجموع التيارات في الأفرع المستقلة للدائرة المتوازية.
- ☐ تطبق مبدأ التيار في الدائرة المتوازية على مواقف جديدة أو لحل مشكلات ذات صلة.
- ☐ تذكر أن فرق الجهد عبر الأفرع المستقلة للدائرة المتوازية متكافئ.
- ☐ تطبق مبدأ فرق الجهد في الدائرة المتوازية على مواقف جديدة أو لحل مشكلات ذات صلة.
- ☐ تطبق العلاقات ذات الصلة والتي تشمل: المقاومة تساوي فرق الجهد/التيار، والعلاقات الخاصة بفروق الجهد على التوالي، والمقاومات على التوالي وعلى التوازي في عمليات حسابية تتضمن دائرة كهربائية كاملة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتقنية التربوية ليبيا

3 – 1 الدوائر الكهربائية المتوالية
Series Circuits



شكل 3 – 1 يُسجِّل الأميتر A_1، A_2 نفس التيار



شكل 3 – 2 ماذا سيقيس الأميتر A_3، A_2، A_1؟

التيار الكهربائي في دائرة كهربائية متوالية

صل الدائرة الكهربائية المبينة في شكل 3 – 1 مع جهازي أميتر A_1، A_2. ويمكن مشاهدة أن كلًّا من جهازي الأميتر يسجلان نفس التيار.

والآن نعد الدائرة الكهربائية التي في شكل 3 – 2. ماذا تتوقع مشاهدته في أجهزة الأميتر A_1، A_2، A_3؟ كيف تقارن تلك التيارات بالتيار في الدائرة الكهربائية في شكل 3 – 1؟

وسجلت مرة أخرى التيارات في أجهزة الأميتر A_1، A_2، A_3 نفس القيمة. ولكن هذا التيار أدنى من التيار في الدائرة الكهربائية في شكل 3 – 1. هل يمكنك تفسير ذلك؟

يمكننا استنتاج تكافُؤ التيار عند كل نقطة في الدائرة المتوالية.

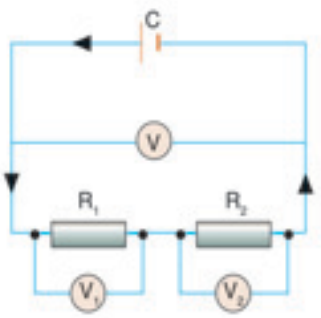
$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

فرق الجهد في الدائرة الكهربائية المتوالية

يسجل جهازا الفولتمتر V_1، V_2 في شكل 3 – 6 فرق الجهد عبر المقاومات R_1، R_2 على الترتيب. ويمكن مشاهدة أن مجموع فروق الجهد تساوي فرق الجهد عبر الدائرة كلها والتي يمكن قياسها بالفولتمتر V، ولهذا

وفي الواقع إذا كان لدى العمود C مقاومة داخلية مهملة، فإن القوة الدافعة الكهربائية E ستكون مساوية لفرق الجهد V. ولهذا

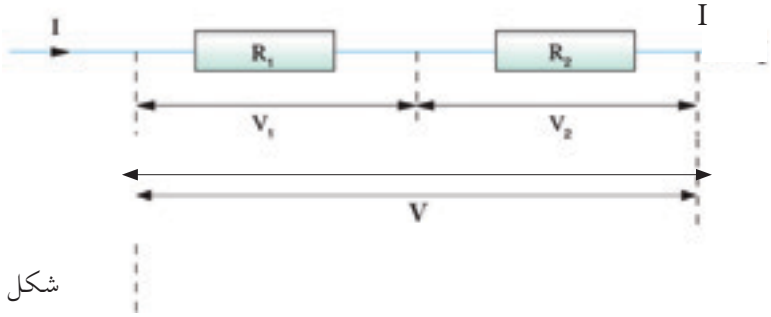
$$V = V_1 + V_2$$



شكل 3 – 3 فرق الجهد V هو مجموع V_1، V_2.

$$E = V = V_1 + V_2$$

المقاومة الكلية في الدائرة الكهربائية المتوالية



شكل 3 – 4 مقاومات موصلة على التوالي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

وبافتراض أن V هي فرق الجهد الكلي عبر المقاومتين الموصلتين على التوالي وأن R هي المقاومة الكلية لهما.

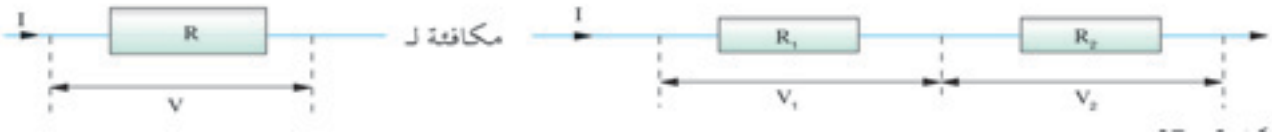
$$V = V_1 + V_2$$
$$= IR_1 + IR_2$$
$$= I(R_1 + R_2),$$

ولهذا، $\frac{V}{I} = R_1 + R_2$

وبالمعادلة، $\frac{V}{I} = R$

ولهذا، $R = R_1 + R_2$

والنتيجة، $R = R_1 + R_2$ تعني أن:



شكل 3 – 5

وبشكل عام إذا وجد عدد من المقاومات n في دائرة كهربائية متوالية، حيث n أكبر من أو تساوي 2 فإن المقاومة الكلية R تعطى بما يلي:

$$R = R_1 + R_2 + \ldots\ldots + R_n$$

لاحظ أنه في الدائرة الكهربائية المتوالية تكون دائمًا المقاومة الكلية R أكبر من أي من المقاومات الفردية. أي أنه في الدائرة الكهربائية المتوالية تكون المقاومة الكلية R أكبر دائمًا من أكبر مقاومة فردية.

مثال محلول 3 – 1

أوجد المقاومة الكلية لثلاث مقاومات على التوالي (شكل 2 – 5) بافتراض أن $R_1 = 1\ \Omega$ ، R_2 مجهولة، $R_3 = 2\ \Omega$. والتيار I المسجل على الأميتر هو 1 A وقراءة الفولتمتر V عبر R_2 هي 3 V.

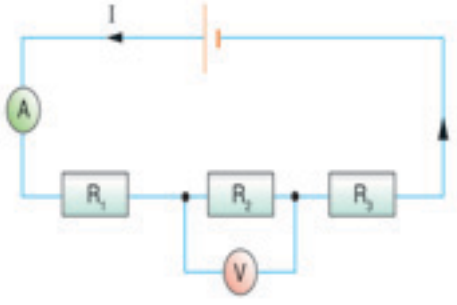
الحـــــل:

باستخدام المعادلة $R_2 = \frac{V}{I}$

$$= \frac{3}{1}$$
$$= 3\ \Omega$$

وبالنسبة للمقاومات على التوالي تعطى المقاومة الكلية R بالمعادلة التالية

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$
$$= 1 + 3 + 2$$
$$= 6\ \Omega$$



شكل 3 – 6

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

مثال محلول 3 – 2

تتكون الدائرة الكهربائية في شكل 3 – 7 من عمود 6 V ذي مقاومة داخلية مهملة. ويقيس الأميتر تيارًا 0.2 A.

احسب:

(أ) فرق الجهد عبر المقاومة 10 Ω.

(ب) فرق الجهد عبر المقاومة R.

(جـ) قيمة المقاومة R.

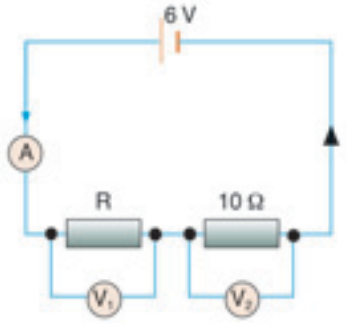
الحـــــل

(أ) بما أن هذه دائرة متوالية فإن التيار الذي يمر عبر المقاومة 10 Ω هو 0.2 A. ولذلك، فمن قانون أوم:

$$V_2 = IR$$
$$= 0.2 \times 10$$
$$= 2\ V$$

(ب)
$$E = V_1 + V_2$$
$$\therefore V_1 = E - V_2$$
$$= 6 - 2$$
$$= 4\ V$$

(جـ)
$$R = \frac{V}{I} = \frac{4}{0.2} = 20\ \Omega$$



شكل 3 – 7 مثال محلول 3 – 2

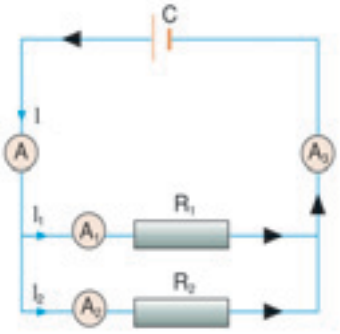
3–2 الدوائر الكهربائية المتوازية
Parallel Circuits

التيارات الكهربائية في الدائرة الكهربائية المتوازية

تبين الدائرة في شكل 3 – 8 مقاومتين متصلتين على التوازي. ويرصد جهازا الأميتر A_1، A_2 التيار I_1، I_2 السـاري في المقاومتين R_1، R_2. ويمكن مشاهدة أن الأميتر A يقيس تيارًا مساويًا لمجموع التيارات في جهازي الأميتر A_1، A_2. ولهذا يمكننا استنتاج أن:

$$I = I_1 + I_2$$

حيث I هو التيار الكهربائي من المصدر.



شكل 3 – 8 تيار المصدر I هو مجموع I_1، I_2

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

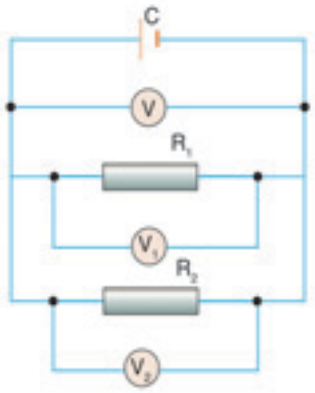
فرق الجهد في الدائرة الكهربائية المتوازية

يبين شكل 3 – 9 جهازي فولتمتر V_1، V_2 يقيسان فروق الجهد عبر المقاومات R_1، R_2 على الترتيب، ويقيس الفولتمتر V فرق الجهد عبر أطراف المصدر. ويشاهد أن :

$$V = V_1 = V_2$$

وإذا كان لدى العمود C مقاومة داخلية مهملة، سيقيس الفولتمتر V فرق جهد مكافئ للقوة الدافعة الكهربائية E. وعليه فإن :

$$E = V = V_1 = V_2$$



شكل 3 – 9 فرق الجهد V يساوي V_1، V_2

المقاومات الموصلة على التوازي

من شكل 3 – 10، يشترك في التيار I من العمود الكهربائي الفرعان المنفصلان اللذان يحتويان على المقاومتين R_1، R_2. فإذا كان I_1 هو التيار الساري خلال R_1، و I_2 هو التيار الساري خلال R_2، فيكون بمبدأ بقاء الشحنة، $I = I_1 + I_2$.

وبما أن فرق الجهد V مشترك لكلا المقاومتين

لهذا، $$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

حيث R هي المقاومة الكلية للمقاومتين.

وعليه $$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

وتعني نتيجة $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ أن :

شكل 3 – 10 مقاومات على التوازي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

وعمومًا إذا وجد عدد مقاومات n في دائرة كهربائية متوازية حيث $n \geqslant 2$ فإن المقاومة الكلية R تعطى بالمعادلة التالية :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}$$

وبالنسبة لحالة، $n = 2$، $R_1 = 3\ \Omega$، $R_2 = 6\ \Omega$

فالمعادلة $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ تصبح $\frac{1}{R} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2}$

والتي تكون نتيجتها $R = 2\ \Omega$. وتبين نتيجة $R = 2\ \Omega$ أن المقاومة الكلية R في الدائرة الكهربائية المتوازية تكون أصغر من المقاومات الفردية . وبمعنى آخر، المقاومة الكلية R في الدائرة الكهربائية المتوازية تكون دائمًا أصغر من أصغر المقاومات الفردية .

مثال محلول 3 – 3

تبين الدائرة الكهربائية في شكل 3 – 11 مقاومة $10\ \Omega$ ومقاومة $20\ \Omega$ موصلتين على التوازي بعمود $6\ V$ ذي مقاومة داخلية مهملة . احسب التيارات I_1، I_2، I_3.

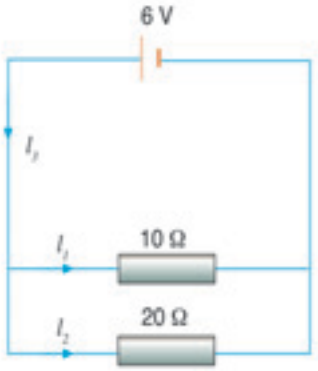
الحل :

فرق الجهد عبر المقاومات $10\ \Omega$، $20\ \Omega$ هو $6\ V$، وعليه

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{6}{10} = 0.6\ A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{6}{20} = 0.3\ A$$

$$I_3 = I_1 + I_2$$
$$= 0.6 + 0.3$$
$$= 0.9\ A$$



شكل 3 – 11 مثال محلول 3 – 3

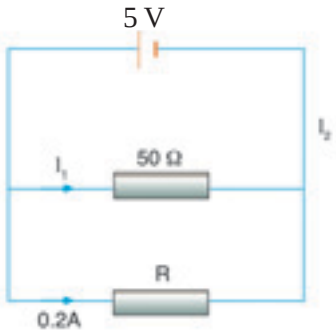
ملحوظة :
هل لاحظت أن تيارًا أدنى يسري في الفرع ذي المقاومة الأكبر ؟

تحـــد

يتصل في شكل 3 – 12 عمود $5\ V$ بمقاومتين موصلتين على التوازي، والتيار الساري في المقاومة R هو $0.2\ A$. احسب .

(أ) قيمة المقاومة R .

(ب) التيارين I_1، I_2.



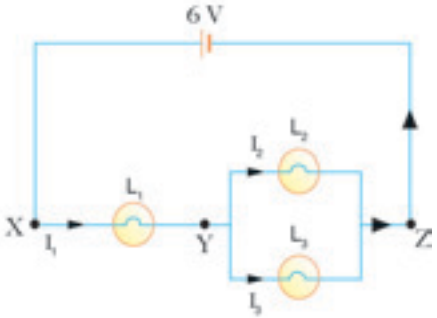
شكل 3 – 12

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

سـندرس في هذا الجزء مثالين لدوائر ذات مجموعة متآلفة من مقاومات متصلة على التوازي والتوالي معًا .

مثال محلول 3 – 4

تم توصيـل ثلاثـة مصابيح كهربائية متكافئة L_1، L_2، L_3، ذات مقاومة $10\,\Omega$ بعمود $6\,V$ ذي مقاومة مهملة كما هو مبين في شكل 3 – 13 .
احسب :
(أ) المقاومة الكلية للمصباحين L_2، L_3 معًا .
(ب) المقاومة الكلية للدائرة الكهربائية . (جـ) التيار I_1.
(د) فرق الجهد عبر XY، YZ . (هـ) التيارين I_2، I_3.



شكل 3 – 13 مثال محلول 3 – 4

الحـــل :

(أ) بما أن L_3، L_2 متصلين على التوازي فإن المقاومة الكلية لهما تكون :

$$R_{eff} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{10}\right)^{-1}$$
$$= 5\,\Omega$$

(ب) المقاومة الكلية
$$10 + 5 = 15\,\Omega$$

(جـ)
$$I_1 = \frac{V}{R_{total}}$$
$$= \frac{6}{15}$$
$$= 0.4\,A$$

(د)
$$V_{XY} = I_1 \times R_{L_1}$$
$$= 0.4 \times 10$$
$$= 4\,V$$
$$V_{YZ} = E - V_{XY}$$
$$= 6 - 4$$
$$= 2\,V$$

(هـ)
$$I_2 = \frac{V_{YZ}}{R_{L_2}}$$
$$= \frac{2}{10}$$
$$= 0.2\,A$$
$$I_3 = I_1 - I_2$$
$$= 0.4 - 0.2$$
$$= 0.2\,A$$

تحـــــد

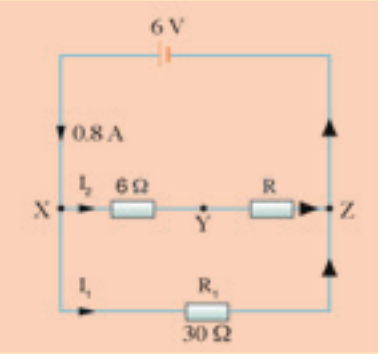
ماذا تلاحظ عن سطوع نور المصابيح L_1، L_2، L_3؟

تذكر :
مقاومات موصلة على التوازي :
$$\frac{1}{R_{eff}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$
مقاومات موصلة على التوالي :
$$R_{eff} = R_1 + R_2$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتقنيات التربوية ليبيا

مثال محلول 3 – 5

تم توصيل عمود 6 V بثلاث مقاومات كما هو مبين في الدائرة الكهربائية في شكل 3 – 14 . والتيار الساري من المصدر هو 0.8 A . وكان للعمود مقاومة داخلية مهملة .



شكل 3 – 14

احسب :

(أ) التيار I_1 .

(ب) التيار I_2 .

(جـ) قيمة المقاومة R .

الحـــــــل :

(أ) بما أن المقاومة 30 Ω متصلة على التوازي عبر العمود 6 V، وفرق الجهد عبر XZ هو 6 V . وعليه

$$I_1 = \frac{V_{XZ}}{R_1}$$
$$= \frac{6}{30}$$
$$= 0.2\ A$$

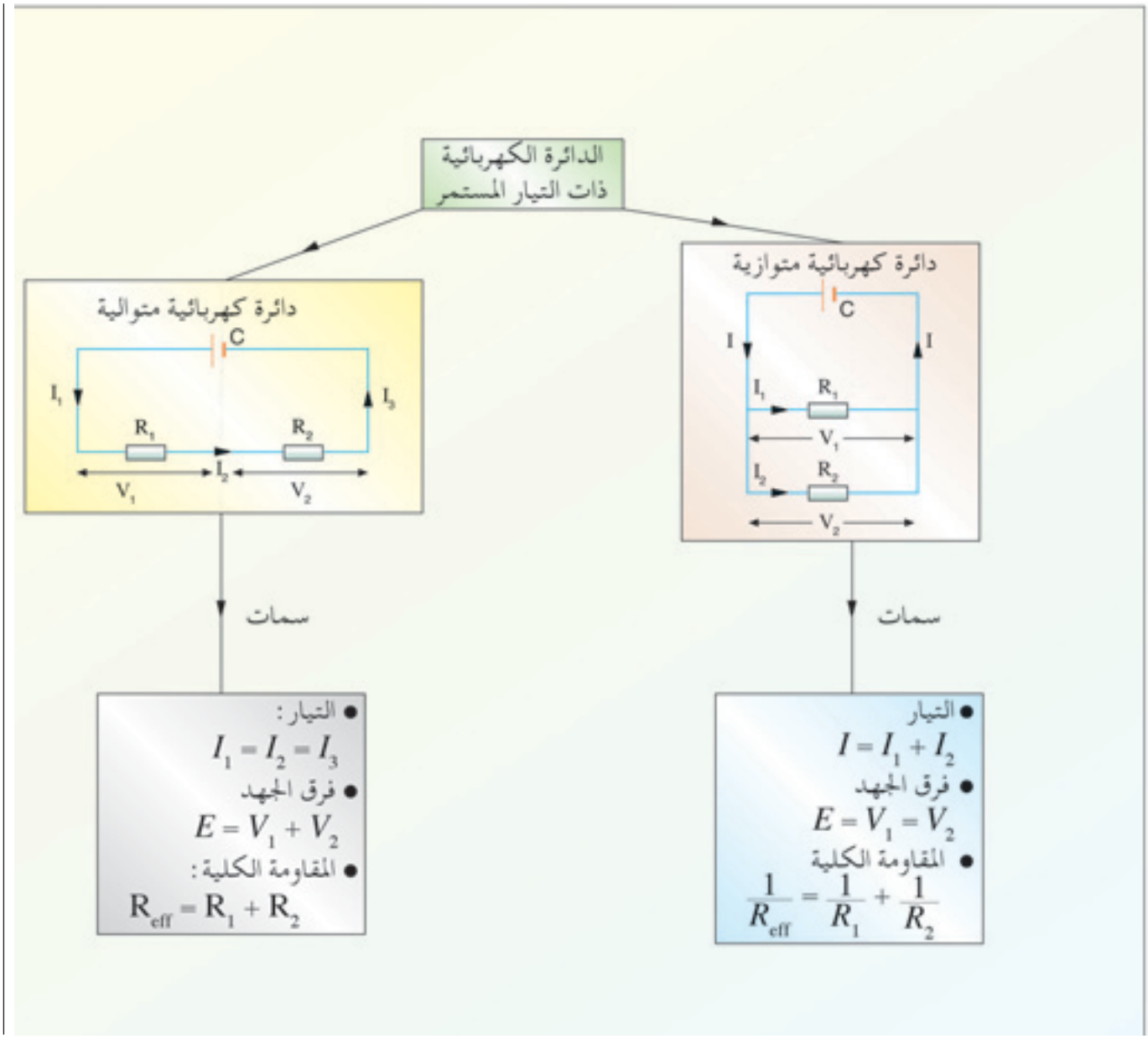
(ب)
$$I_1 + I_2 = 0.8\ A$$
$$\therefore I_2 = 0.8 - I_1$$
$$= 0.8 - 0.2$$
$$= 0.6\ A$$

(جـ) فرق الجهد عبر XY،
$$V_{XY} = I_2 R_2$$
$$= 0.6 \times 6$$
$$= 3.6\ V$$
$$V_{XY} + V_{YZ} = V_{XZ}$$
$$3.6 + V_{YZ} = 6$$
$$\therefore V_{YZ} = 6 - 3.6 = 2.4\ V$$

ومن ثم
$$R = \frac{V_{YZ}}{I_2}$$
$$= \frac{2.4}{0.6}$$
$$= 4\ \Omega$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

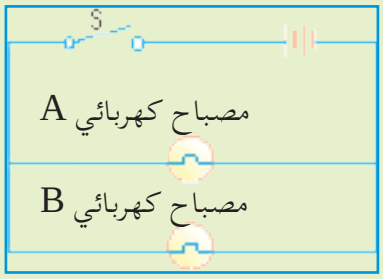
خريطة مفاهيم



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

المهارة: تعيين الخصائص والمكونات

تبين الدائرة الكهربائية الآتية دائرة متوازية ذات مصباحين كهربيين متكافئين، ومفتاح S وبطارية ذات عمودين.



ستحلل في هذا النشاط مكونات الدائرة الكهربائية لترى ما إذا كانت جميع الأجزاء ضرورية.

دائرة كهربائية متوازية

أجـــزاء

مفتاح S	مصباح A	مصباح B	خلية 1	خلية 2

ما وظيفة كل جزء؟

ماذا سيحدث إذا فُقِدَ كل جزء؟

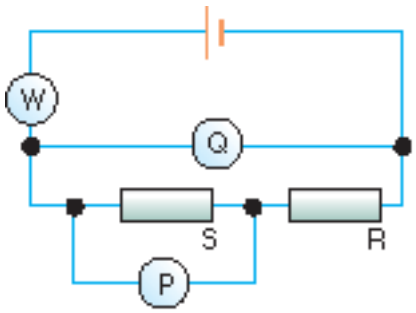
الاستنتاج

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التمرين الثالث

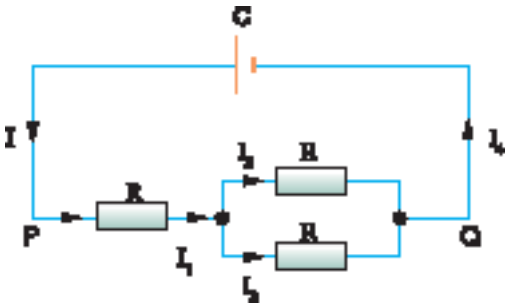
الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

1- بأي من المواقع يجب وصل الفولتمتر لقياس فرق الجهد عبر المقاومة S؟



أ) P فقط ب) Q فقط جـ) P أو W د) P أو Q

2- في الرسم التالي. قيمة المقاومات في الدائرة الكهربائية المبينة بالشكل متساوية R.



ماذا يمكن استنتاجه عن I, I_1, I_2, I_3, I_4.

أ) $I > I_1 > I_4 = I_2 + I_3$

ب) $I = I_1 = I_4$ و، $I_2 = I_3$

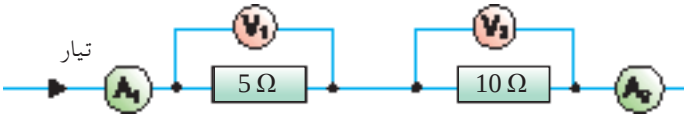
جـ) $I > I_1 > I_4$ و، $I_2 + I_1$

د) $I > I_1 > I_4$ و، $I_4 = I_2 + I_3$

3- المقاومة الكلية بين PQ هي:

أ) R ب) $\frac{2}{3}R$ جـ) $\frac{3}{2}R$ د) $2R$ $3R$

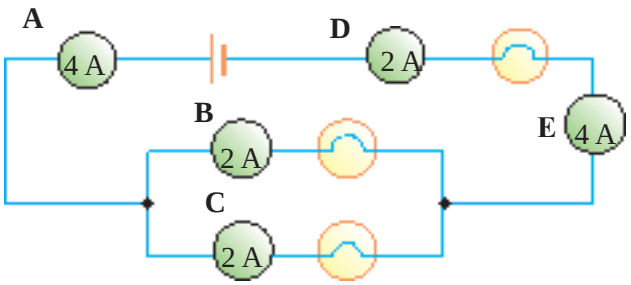
4- يسري تيار كهربائي في مقاومتين متصلتين على التوالي كما هو مبين. A_1، A_2 هي القراءات على جهازي الأميتر. V_1، V_2 هي القراءات على جهازي الفولتمتر.



أي مما يلي يصف بشكل صحيح قراءات الأميتر والفولتمتر؟

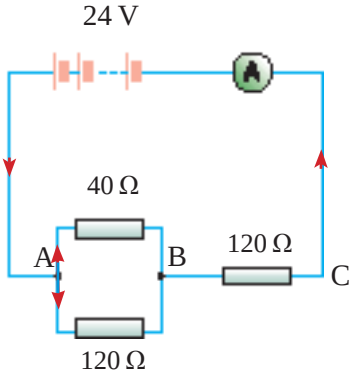
قراءات الأميتر	قراءات الفولتمتر
أ) A_2 تساوي A_1	V_2 تساوي V_1
ب) A_2 تساوي A_1	V_2 أقل من V_1
جـ) A_2 أكبر من A_1	V_2 تساوي V_1
د) A_1 أكبر من A_2	V_2 أقل من V_1

5- يبين الرسم قراءات أميتر في دائرة كهربائية



أي أميتر يعطي قراءة خطأ؟

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية



1- للنضيدة والأميتر في الدائرة المرسومة مقاومات داخلية مهملة.

أ) احسب المقاومة الكلية للمقاومتين المتصلتين على التوازي.

ب) احسب التيار الساري في الأميتر.

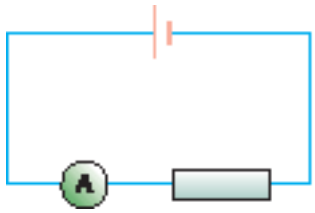
جـ) أوجد فرق الجهد بين النقطة A والنقطة B.

د) اكتب التيار الساري عبر المقاومة 40 Ω.

هل تتوقع أن يسجل فولتمتر ذو مقاومة 120 Ω القيمة التي حسبتها في (جـ) عند توصيله بالنقاط A، B؟ اذكر تعليلًا لإجابتك.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتقنية التربوية ليبيا

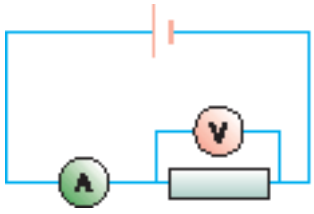
2- تم توصيل سلك مقاومة طوله واحد متر، وأميتر، وعمود 2 V على التوالي كما هو مبين في الرسم.
(للأميتر والعمود مقاومة مهملة).



(أ) قراءة الأميتر 0.50 A. احسب مقاومة سلك المقاومة.

(ب) استبدل سلك المقاومة بسلك طوله واحد متر من نفس المادة ولكن بضعف مساحة مقطعه المستعرض. ما هي:
(1) مقاومة هذا السلك.
(2) القراءة الجديدة للأميتر؟

(جـ) تم الآن توصيل فولتمتر عبر سلك المقاومة كما هو مبين في الشكل.



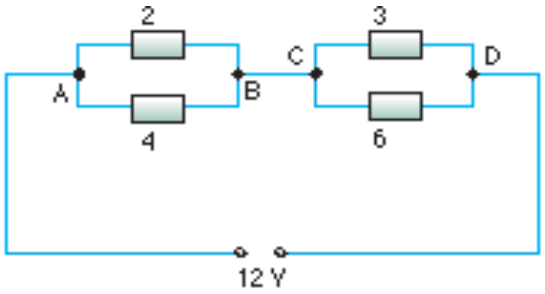
هل ستزيد قراءة الأميتر أو تتناقص أو تبقى هي نفسها؟ برر إجابتك.

3- (أ) علق على العبارات التالية:

(1) بالنسبة للمقاومات على التوازي، تكون دائمًا المقاومة المكافئة أصغر من أصغر مقاومة.

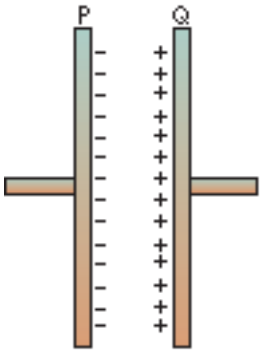
(2) بالنسبة للمقاومات على التوالي، تكون دائمًا المقاومة المكافئة أكبر من أكبر مقاومة.

(ب) بالنسبة للدائرة الكهربائية التالية، احسب:



(1) المقاومة الكلية عبر AB على التوازي.
(2) المقاومة الكلية عبر CD على التوازي.
(3) المقاومة الكلية للدائرة كلها.
(4) التيار في المقاومة 6 Ω.

4- شريحتان فلزيتان P، Q لهما مقابض عازلة، تم تزويد كل منهما بشحنة كهربائية 1×10^{-7} C. (إحداهما سالبة الشحن، والأخرى موجبة الشحن كما هو مبين بالشكل).



استُخدمت مقاومة 50 Ω لوصل الشريحتين معًا. ثم أفرغت الشريحتان من شحنتهما في 5×10^{-7} s.

(1) في أي اتجاه تسري الإلكترونات في المقاومة؟
(2) احسب متوسط التيار المار في المقاومة.
(3) احسب الطاقة الكهربائية المبددة. إلى أي شكل من أشكال الطاقة ستتحول هذه الطاقة الكهربائية؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 4

مجموعة الدوائر الكهربائية العملية

Practical Electric Circuitry

مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف ...

- تصف استخدام التأثير الحراري للكهرباء في أجهزة مثل الغلايات الكهربائية، والأفران، والسخانات.
- تتذكر العلاقات $P = VI, E = Pt$
- تطبق علاقات القدرة الكهربائية، والطاقة الكهربائية في مواقف جديدة، ولحل مشكلات ذات صلة.
- تحسب تكلفة استخدام الأجهزة الكهربائية حيث تكون وحدة قياس الطاقة هي الكيلو وات. ساعة.
- تذكر مخاطر استخدام الكهرباء في المواقف التالية:
  (1) المادة العازلة المعطوبة.
  (2) التسخين المفرط للكابلات.
  (3) الشروط المناخية الرطبة.
- تشرح استخدام المنصهر، وقواطع التيار في الدوائر الكهربائية، وتقديرات المنصهر، ووضعية قاطع التيار.
- تذكر معنى المصطلحات: حي (مكهرب)، متعادل، التوصيل الأرضي.
- تشرح الحاجة للعزل المضاعف، ولتوصيل الصناديق الفلزية بالأرض.
- تشرح سبب توصيل المفاتيح، والمنصهرات، وقواطع الدائرة الكهربائية بسلك في الموصِّل الكهربائي الحي (المكهرب).
- تصف كيفية توصيل قابس الإمداد الرئيس بالأسلاك.

يُجَهَّز البيت ومكان العمل الحديث بعدد من الأجهزة الكهربائية، تمكننا من الاستفادة الكاملة من الكهرباء. قد تكون المعرفة الضحلة بالكهرباء خطيرة، فإن لم تكن لديك معرفة أساسية بمجموعة الدوائر الكهربائية، لن تعرف ما إذا كنت قد أخطأت عند استخدامك الكهرباء. تُعَرِّفك الوحدة بأشياءٍ مثل القابس، والمنصهر، والمفتاح الكهربائي، وتوصيل الأسلاك، وتشغيل الدائرة الكهربائية، ودائرة الإضاءة، وأشياء أخرى. نأمل أن تزيد معرفتك باستخدامات ومخاطر الكهرباء.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

4 – 1 بعض استخدامات الكهرباء

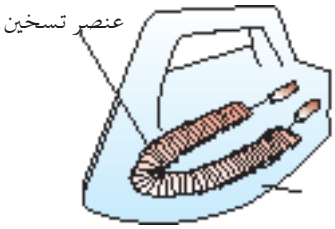
Some Uses of Electricity

الاستخدامات الرئيسة للكهرباء هي :
- التسخين الكهربائي .
- الإضاءة الكهربائية .
- المحركات الكهربائية .

شكل 4 – 1 غلاية كهربائية

التسخين الكهربائي

تبين الأشكال 4 – 1 إلى 4 – 4 بعض الأجهزة المنزلية الشائعة المبنية على التأثير الحراري للتيار الكهربائي .



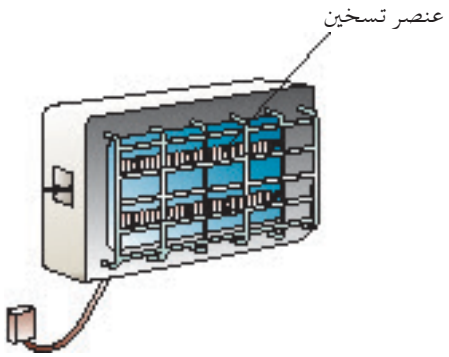
شكل 4 – 2 مكواة كهربائية

شكل 4 – 3 موقد كهربائي

تُصنع عناصر التسخين المستخدمة في الغلايات والمكاوي من سلك نيكروم ملفوف حول مادة عازلة مقاومة للحريق مثل السيليكا أو الطفل الحراري . اختير النيكروم بسبب مقاومته العالية، وقدرته على تحمل درجات الحرارة العالية دون التأكسد بسهولة .

وفي حالة الغلاية الكهربائية المبينة في شكل 4 – 1، يوضع عنصر التسخين في أنبوب فلزي، وتتولد الحرارة عند مرور تيار كهربائي خلاله، ويُسخَّن الماء المحيط به بالتوصيل الحراري والحمل الحراري .

وفي حالة المكواة الكهربائية المبينة في شكل 4 – 2، تنتشر الحرارة التي يولِّدها عنصر التسخين بالتساوي على قاعدة فلزية توصل جيدًا للحرارة . ويتحكم ضابط درجة الحرارة (ترموستات) داخل المكواة في درجة حرارة عنصر التسخين .



شكل 4 – 4 مدفأة كهربائية

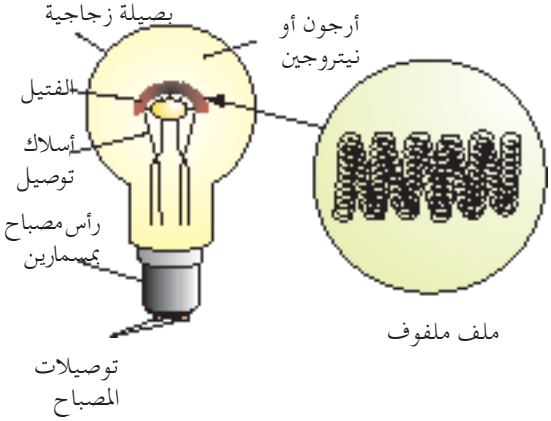
الإضاءة الكهربائية

1– مصابيح توهجية (أو فتيلية) يعمل المصباح الفتيلي المبين في شكل 4 – 5 بالتأثير الحراري للتيار الكهربائي . ويُصنع سلك الفتيل من التنجستين الذي يُستخدم لمقاومته ودرجة انصهاره العالية (3400°C) . وبجانب صناعته من مادة ذات مقاومة عالية، يكون أيضًا الفتيل رفيعًا جدًّا (أي ذو مساحة مقطع مستعرض صغيرة) حتى تكون مقاومته أعلى من بقية الدائرة الكهربائية (تذكر أن،

$R = \rho \frac{L}{A}$، حيث R تساوي المقاومة، ρ تساوي المقاومة النوعية، L تساوي الطول، A تساوي مساحة المقطع المستعرض) .

وعند سريان تيار خلال الفتيل، يصبح ساخنًا لدرجة البياض (حوالي 2500°C) . وكلما كانت درجة حرارة الفتيل أعلى، كلما كانت نسبة الطاقة الكهربائية المحولة إلى طاقة ضوئية أكبر . ويفسر ذلك اختيار التنجستين ذي درجة الانصهار العالية 3400°C .

إن الغرض من الملف الملفوف هو جعل الفتيل مُركَّزًا وكذلك تقليل تيارات الحمل الحراري التي تتكون في الغاز داخل البصيلة الزجاجية . وتُملأ عادة البصيلة الزجاجية بالأرجون أو النيتروجين (كلاهما غازات خاملة) لأن التنجستين يتأكسد في درجات الحرارة العالية عند تعرضه للهواء .



شكل 4 – 5 المصباح الكهربائي الفتيلي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

إن للمصباح الفتيلي عيبان :

(1) يتحول حوالي 10% فقط من الطاقة الكهربائية التي يتم إمدادها إلى ضوء، ويتحول الباقي (90%) إلى حرارة، مما يفسر سخونة الجو عند استخدام المصباح الفتيلي .

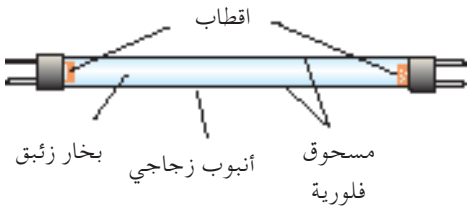
(2) يلقي المصباح الفتيلي ظلالًا كثيفة مقارنة بمصباح الفلورية، وهو أمر غير مطلوب عند الاستخدام في المدارس أو المكاتب . ويشيع مع ذلك استخدامه في المنازل ليعطي انطباعًا أكثر دفئًا واسترخاءً .

2- مصابيح الفلورية

إن كفاءة المصابيح الفلورية حوالي ثلاثة أضعاف المصابيح الفتيلية . ولهذا تُعتبر أكثر اقتصادية عند الاستخدام (فيما عدا تكلفة شرائها المبدئية) . وبالإضافة لذلك يكون عمر مصباح الفلورية حوالي 3000 ساعة مقارنة بحوالي 1000 ساعة للمصباح الفتيلي .

وعلى عكس المصباح الفتيلي يكون مصباح الفلورية من دون فتيل، ولكن بقطبين . وبتمرير شحنات كهربائية بين القطبين يبعث بخار الزئبق في الأنبوب الزجاجي ضوءًا فوق البنفسجي بالإضافة إلى ضوء مرئي آخر . ويتحول هذا الضوء فوق البنفسجي إلى ضوء مرئي بفعل مسحوق الفلورية داخل الأنبوب الزجاجي .

وتُستخدم عادة مصابيح الفلورية في المكاتب والمدارس للإضاءة لأنها مصادر ضوئية ممتدة، ولأنها تلقي ظلالًا خفيفة .



شكل 4 – 6 مصباح الفلورية

المحركات الكهربائية

المحركات الكهربائية التي تستخدم في الأجهزة المنزلية مثل المروحة، والغسالة، ومجفف الشعر، وخلّاطات الطعام، والحفار الكهربائي مبنية على التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي .

ويُستخدم المجال المغناطيسي للتيار للتفاعل مع المجالات المغناطيسية الأخرى لإنتاج حركات ميكانيكية . ويبين شكل 4 – 7 أجهزة منزلية تعمل بمحرك كهربائي .

شكل 4 – 7 بعض الأجهزة المنزلية التي تعمل بالتأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) اذكر مثالين لأجهزة منزلية مبنية على التأثير الحراري للتيار الكهربائي.

(ب) اذكر مثالين لمصابيح يشيع استخدامها في إضاءة المنازل.
أيهما أكثر كفاءة في تحويل الطاقة الكهربائية إلى ضوئية؟

4 – 2 قياس الطاقة الكهربائية

Measurement of Electrical Energy

حساب القدرة والطاقة الكهربائية

1– القدرة الكهربائية P

تعرف القدرة على أنها:

$$P = \frac{W}{t} \quad \ldots (1)$$

حيث P القدرة (بالوات)

W الشغل المبذول (بالجول)

أو

$$P = \frac{E}{t} \quad \ldots (2)$$

حيث E تحويل الطاقة (بالجول)

t الزمن (بالثانية)

وقد أُعطيت في الوحدة الأولى معادلة فرق الجهد بين نقطتين في دائرة كهربائية ما، أو عبر موصِّل كهربائي بما يلي:

$$V = \frac{W}{Q} \quad \ldots (3)$$

حيث V فرق الجهد (بالفولت)

W الشغل المبذول (بالجول)

Q الشحنة (بالكولوم)

ومن (3)، ... $W = QV$ (4)

وباستبدال (4) في (1)، نجد

$$P = \frac{W}{t} = \frac{QV}{t}$$

ولكن $\frac{Q}{t} = I$ حيث I التيار (بالأمبير)

ولهذا $P = \frac{W}{t} = \left(\frac{Q}{t}\right) V$

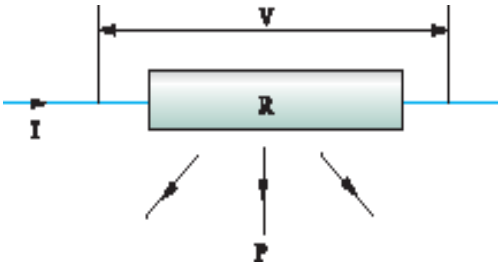
تصبح

$$P = IV$$

ومن ثم، ولكي نحسب القدرة P لأي جهاز كهربائي يسري خلاله تيار I، وفرق جهد V عبره، نضرب ببساطة الكميتين I وV في بعضهما.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

يمكن في حالة مقاومة لها قيمة R (شكل 4 – 8) حساب المعدل الذي تتحول به الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية باستخدام أي من المعادلات الثلاث التالية :



شكل 4 – 8 قدرة P لأحد المقاوِمات

$$P = IV$$
$$= I^2R \qquad (\text{بما أن، } V = IR)$$
$$= \frac{V^2}{R} \qquad (\text{بما أن، } I = \frac{V}{R})$$

إن وحدة قياس القدرة هي الوات (W) .

ووحدات القدرة الملائمة الأخرى تشمل :

1 كيلوات kW تساوي 1000 W أو 10^3 W

1 ميجاوات MW تساوي 1000 000 W أو 10^6 W

ويكتب عادة على جميع الأجهزة الكهربائية بيانات الاستهلاك الصحيحة للقدرة وفولت التشغيل . فقد يكتب على سبيل المثال على الغلاية الكهربائية (3000 W ، 240 V) وعلى المكواة الكهربائية (1000 W، 240 V) وجهاز التلفاز (60 W،240 V)

2– الطاقة الكهربائية E

من المعادلة (2) حيث، $P = \frac{E}{t}$ يمكن إيجاد الطاقة الكهربائية بضرب كميتي القدرة والزمن في بعضهما .

ولهذا $E = Pt$

أو $E = IVt$ (بما أن، $P = IV$) .

وفي حالة مقاومة قيمتها R، يمكن بسهولة حساب الطاقة الكهربائية المحولة إلى طاقة حرارية من المعادلات الثلاث التالية :

$$E = IVt$$
$$= I^2Rt \qquad (\text{بما أن، } V = IR)$$
$$= \frac{V^2}{R}t \qquad \left(\text{بما أن، } I = \frac{V}{R}\right)$$

إن وحدة قياس الطاقة هي الجول (J) .

ووحدات الطاقة الملائمة الأخرى تشمل :

1 كيلو جول kJ تساوي 1000 J أو 10^3 J

1 ميجا جول MJ تساوي 1000 000 J أو 10^6 J

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 4 – 1

مكـواة كهربائيـة بهـا عنصر تسـخين ذو مقاومة 60 Ω . فـإذا كان تيار التشغيل الساري خلالها هو 4 A . احسب :

(1) جهد المنبع الكهربائي .

(2) القدرة الكهربائية المنتجة .

(3) الطاقة الحرارية المنتجة في 5 min .

الحل :

المعطيات : المقاومة، $R = 60\ \Omega$

التيار، $I = 4\ A$

(1) بافتراض أن جهد المنبع الكهربائي V .

من قانون أوم، $V = IR = (4)(60) = 240\ V$

(2) وبافتراض أن القدرة الكهربائية المنتجة هي P .

فباستخدام، $P = I^2R = (4)^2(60) = 960\ W$

(3) المعطيات : الزمن t يساوي $5\ min$

$= 5 \times 60\ s$

$= 300\ s$

وبافتراض أن الطاقة الحرارية المنتجة هي E .

وباستخدام، $E = I^2Rt$

$= (4)^2(60)(300)$

$= 2.88 \times 10^5\ J = 0.288\ MJ$

تذكر :

$P = I^2R$

$E = P \times t$

$= I^2Rt$

مثال محلول 4 – 2

مصباح فتيلي مسجل عليه 60 W، 240 V . احسب

(1) التيار الساري خلال المصباح .

(2) مقاومة الفتيل .

(3) الطاقة التي ينتجها المصباح خلال ساعة .

الحل :

المعطيات : القدرة، $P = 60\ W$

فرق الجهد، $V = 240\ V$

(1) بافتراض أن التيار الساري خلال المصباح هو I .

وباستخدام، $P = IV$

لهذا، $I = \frac{P}{V} = \frac{60}{240} = 0.25\ A$

(2) بافتراض أن مقاومة الفتيل هي R .

باستخدام، $P = \frac{V^2}{R}$

لهذا، $R = \frac{V^2}{P} = \frac{(240)^2}{60} = 960\ \Omega$

(3) المعطيات : الزمن t يساوي واحد ساعة $1 \times 60 \times 60\ s = 3600\ s$

والطاقة المنتجة $E = Pt$ (بما أن $P = \frac{E}{t}$)

$= (60) \times (3600)$

$= 2.16 \times 10^5\ J = 0.216\ MJ$

تذكر :

$P = IV = \frac{V^2}{R}$

أو $P = \frac{V^2}{R}$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

حساب تكلفة استهلاك الكهرباء

تُبنى تكلفة استهلاك الكهرباء على عدد كيلوات . ساعة المستخدمة من الطاقة الكهربائية . والكيلوات . ساعة هي وحدة القياس المنزلية للكهرباء .
إن الكيلووات . ساعة (kwh) هي الطاقة التي يستخدمها أي جهاز بمعدل 1000 وات في ساعة واحدة .

$$1\ \text{kWh} = (1000\ \text{W}) \times (60 \times 60\ \text{s}) = 3.6\ \text{MJ}.$$

وتُستخدم في ليبيا وحدة الكيلووات . ساعة، وتتقاضى الشركة العامة للكهرباء وفقًا لأسعار النفط العالمية سعرًا معينًا (مثل 20 درهمًا) لكل وحدة (أو كيلووات . ساعة) من الكهرباء المستهلكة، ويزيد السعر مع زيادة الاستهلاك .

وحدة قياس الاستخدام المنزلي للطاقة الكهربائية هي الكيلووات . ساعة

مثال محلول 4 – 3

إذا تقاضت شركة الكهرباء في ليبيا 20 درهمًا عن كل كيلووات . ساعة من الطاقة الكهربائية المستخدمة، احسب التكلفة الإجمالية لاستخدام غلاية كهربائية 3 kW لمدة 20 min، واستخدام مصباح فتيلي 100 W لمدة 5 h مهملًا الدمغات .

الحل :

عدد الكيلووات . ساعة التي استهلكتها الغلاية الكهربائية

$$= (3\ \text{kW}) \left(\frac{20}{60}\ \text{h}\right)$$

$$= 1\ \text{kWh}$$

عدد الكيلووات . ساعة التي استهلكها المصباح الكهربائي

$$= \left(\frac{100}{1000}\ \text{kW}\right) (5\ \text{h})$$

$$= 0.5\ \text{kWh}$$

ومن ثم فإن إجمالي عدد الوحدات المستهلكة (أو كيلووات . ساعة)

$$= (1 + 0.5)\ \text{kWh}$$
$$= 1.5\ \text{kWh}$$

وعليه، فالتكلفة الإجمالية
20×1.5 تساوي 30 درهمًا

الطاقة تساوي (القدرة) × (الزمن)
(بالكيلووات . ساعة) كـ وات بالساعة

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التربية الوطنية

أجر مسحًا شاملًا للأجهزة الكهربائية في منزلك مع ملاحظة عدد كل نوع من الأجهزة، مثل عدد المصابيح الكهربائية، وعدد ساعات استخدامها كل يوم، واستهلاكها للقدرة.

(أ) هل تستطيع تقدير استهلاكك اليومي للكهرباء وتكلفته؟ ما قيمة قسيمة استهلاك الكهرباء الشهرية التقديرية؟ ما مدى اقتراب تقديرك من المتوسط الشهري لقسيمة الاستهلاك؟ هل بالغت أم بخست التقدير؟

(ب) اذكر توصياتك لتقليل استهلاكك من الكهرباء. استخدم تلك الإجراءات، وافحص اشعار الدفع للشهر القادم لترى التغيير.

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) مِرْكم 12 V يمرر تيارًا 3 A خلال كشاف سيارة لمدة 4 ساعات، أوجد

(1) القدرة التي تم إمدادها بالوات.

(2) الطاقة التي تم إمدادها بالكيلووات. ساعة.

(ب) ما تكلفة 300 وحدة من الكهرباء بسعر 20 درهمًا لكل وحدة مهملًا الدمغات؟

4–3 أخطار الكهرباء

Dangers of Electricity

للكهرباء دور مهم في حياتنا، إلا أنها أيضًا خطيرة، فالأعطاب الكهربائية في الأجهزة والدوائر تسبب حرائق، وصدمات كهربائية، وصعقًا كهربيًّا لمستخدميها. ويمكن ارجاع أخطار الكهرباء لثلاثة أسباب:

1- العزل التالف.

2- التسخين المفرط للكابلات.

3- الشروط المناخية الرطبة.

الأسباب المحتملة لأخطار الكهرباء هي

- العزل التالف.
- التسخين المفرط للكابلات.
- الشروط المناخية الرطبة.

العزل التالف

تتطلب جميع الأجهزة الكهربائية سلكين لتكوين دائرة كاملة من منبع الجهد الكهربائي إلى الجهاز، ثم إلى المنبع مرة أخرى. ويسمى السلكان: السلك **الحي** (المكهرب)، والسلك **المتعادل**.

والسلك المكهرب هو السلك الخطر لأنه يحمل جهدًا عاليًا جدًّا، بينما يحمل السلك المتعادل جهدًا قريبًا من الصفر. ويُعزل السلكان في مادة مطاطية مُقسّاة، ثم يوضعان معًا إما في كابل مستدير مغلف (شكل 4 – 9)، أو في كابل معزول بمادة مطاطية، ومضفَّر ومستدير (شكل 4 – 10).

وتتلف المواد العازلة بمرور الزمن والاستهلاك. فتنثني دائمًا على سبيل المثال وتتلوى الكابلات الكهربائية المتصلة بمجفف الشعر والمكواة الكهربائية بسبب طريقة استخدام تلك الأجهزة، مما يجعل العزل الكهربائي يتصدع فتنكشف الأسلاك التي بداخله. وإذا تلف المطاط المقسَّي المغطي للسلك المكهرب، يتسبب السلك المكهرب المكشوف في صدمة كهربائية شديدة للمستخدم عند لمسه بطريقة عرضية. ويمكن أن يؤدي ذلك إلى إصابة خطيرة، وحتى إلى الموت.

شكل 4 – 9 كابل مستدير مغلف

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التسخين المفرط للكابلات

يشير التسخين المفرط للكابلات إلى التيار الكهربائي الكبير غير العادي الساري في أسلاك التوصيل، تحت شروط معينة مثل دائرة كهربائية تحدث قفلة (short -uit circ)، أو تحميل كهربائي مفرط.

وتنتج دائرة كهربائية تحدث قفلة عند لمس السلك المكهرب السلك المتعادل نتيجة تلف العزل بينهما. ويؤدي ذلك إلى إنتاج تيار كبير، ويمكن لكمية الحرارة الكبيرة المتولدة صهر العزل وإشعال النيران.

ويبين شكل 4 – 11 مثالًا نموذجيًّا للتحميل المفرط. سيكون التيار الساري في الوصلة الكهربائية كبيرًا جدًّا، ويسبب تسخينًا مفرطًا للكابلات.

شكل 4 – 10 كابل مستدير معزول بالمطاط

شروط مناخية رطبة

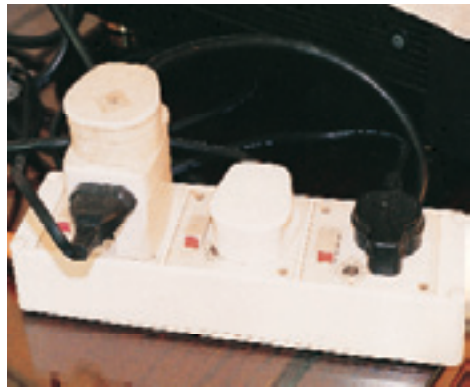
تقع حوادث كهربائية كثيرة في شروط رطبة مثل تلك التي في الحمام المبتل. فمن الخطورة على سبيل المثال وصل مذياع في مصدر كهربائي 240 V ثم تركه على أرضية الحمام (شكل 4 – 12)، ففي حالة العزل التالف أو عند تعري السلك المكهرب لأي سبب آخر، فإن الشخص الذي يستحم يتعرض لخطر الصعق بالكهرباء.

إذا لمست المياه من الأرضية المبتلة السلك المكهرب، فستوفر مسارًا موصِّلا تسري كمية كبيرة من التيار خلاله ثم خلال جسم الإنسان في حوض الاستحمام.

ويمكن لجسم الإنسان أن يتحمل حتى 50 mA فقط، ولكن التيار في هذه الحالة سيكون أعلى بكثير نتيجة الانخفاض الحاد في مقاومة الجسم.

ويمكن كإجراء وقائي استخدام مذياع يعمل بنضيدة ذات جهد كهربائي منخفض. وتشمل المخاطر المحتملة الأخرى استخدام مجففات الشعر والمكاوي الكهربائية، أو تغيير المصباح الكهربائي بأيد مبتلة.

وتتكون المقاومة الكهربائية لجسم الإنسان من جزأين: مقاومة الجلد الجاف، ومقاومة الجسم نفسه. وتكون مقاومة الجلد الجاف حوالي 100 k Ω أو أكثر، بينما تكون مقاومة الجسم الذي يحتوي أساسًا على موائع أدنى بكثير (حوالي عدة مئات أوم). ويفسر ذلك عمل الجلد الجاف كطبقة عازلة بتقديم مقاومة عالية. أما إذا كان الجلد مبتلًا، فإن مقاومة التلامس التي يوفرها تنخفض للغاية، وتسمح مقاومة الجسم، بسبب انخفاضها الشديد، بسريان تيار كهربائي كبير عبر الجسم، محدثًا صدمة كهربائية يمكن أن تؤدي إلى الوفاة.



شكل 4 – 11 تحميل مفرط

شكل 4 – 12 الشروط الرطبة

أسئلة التقويم الذاتي

اذكر مخاطر:

(1) العزل التالف.

(2) التسخين المفرط للكابلات.

(3) الشروط الرطبة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

منبع الكهرباء في المنزل

يبين شكل 4 – 15 في الصفحة التالية دائرة كهربائية منزلية نموذجية. تُمد الكهرباء للبيت بكابل تحت الأرض يحتوي على سلكين، السلك المكهرب (L)، والسلك المتعادل (N). وبالنسبة لأي دائرة كهربائية، يدخل التيار المنزل خلال سلك ويعود إلى المحطة الفرعية المحلية للكهرباء خلال السلك الآخر. والسلك المكهرب سلك خطر لأنه يحمل جهدًا كهربيًا عاليًا، بينما يكون السلك المتعادل ذا جهد يساوي صفرًا. ويتصل هذان السلكان بصندوق منصهر رئيس، وعداد كهرباء، ثم بوحدة استهلاك. إن وحدة الاستهلاك هي نقطة التوزيع لمنبع الكهرباء بالمنزل. ويبين شكل 4 – 15 وحدة الاستهلاك المحتوية على مفتاح رئيس وأربعة منصهرات تؤدي إلى دوائر كهربائية مختلفة في المنزل.

هذه الدوائر الكهربائية هي:

1- دائرة الإضاءة – توصل دائمًا المصابيح الكهربائية على التوازي بحيث يتلقى كل مصباح جهد الخط الرئيس 240 V. وبالإضافة لذلك إذا عطب أي مصباح، فلن تتأثر بقية المصابيح لأنها موصلة على التوازي.

2- دائرة المسخِّن الغاطس.

3- دائرة فرن الطهي.

4- الدائرة الرئيسة الحلقية – تمد هذه الدائرة جميع المقابس الجدارية في المنزل بالكهرباء. وبما أنه يمكن للتيار أن يسري إلى أي مقبس معين بطريقتين، فيمكن استخدام أسلاك أرفع في الحلقة كلها. وبجانب كل من السلك المكهرب والمتعادل اللذان يُكوِّنان دائرة كاملة حول المنزل، يضاف أيضًا سلك أرضي (E) من أجل الأمان.

المنصهرات

توجد المنصهرات في شكل 4 – 15 داخل صندوق المنصهر الرئيس، وأيضًا في وحدة الاستهلاك. والمنصهر أداة أمان توضع داخل أي دائرة كهربائية لحماية الأجهزة والأسلاك من أي سريان مفرط للتيار، وهو عبارة عن سلك رفيع وقصير يسخن وينصهر عندما يكون التيار المار خلاله أكبر من قيمته العيارية. وكلما كان السلك سميكًا، كلما تطلب تيارًا أكبر لصهره. والقيم العيارية المعتادة للمنصهر هي 1 A، 2 A، 5 A، 10 A، و13 A. ويبين الشكلان 4 – 13 و 4 – 14 نوعي المنصهر الأكثر شيوعًا، وهما المنصهر الذي لا يتغير سلكه والمنصهر القابل لتغيير سلكه.

المنصهر أداة تستخدم لحماية الأجهزة ومجموعة الأسلاك من سريان مفرط لتيار كهربائي.

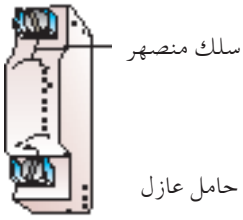
ضع مايلي في الاعتبار كإجراء وقائي:

(أ) يجب أن يكون لدى المنصهرات المستخدمة، معايرة أكبر بقليل من التيار الذي سيسحبه الجهاز الكهربائي تحت الشروط العادية. فعلى سبيل المثال، اختر منصهر 5 A لدائرة إضاءة، بما أن التيار الذي يسحبه كل مصباح يكون صغيرًا جدًّا (حوالي 0.4 A لكل مصباح 100 W) حتى أنه يمكن استخدام 10 مصابيح بأمان لأن التيار الكلي الذي تسحبه هو فقط 4 A.

(ب) يجب توصيل المنصهرات بالسلك المكهرب حتى لا يتعرض الجهاز للتلف بعد انصهار المنصهر.

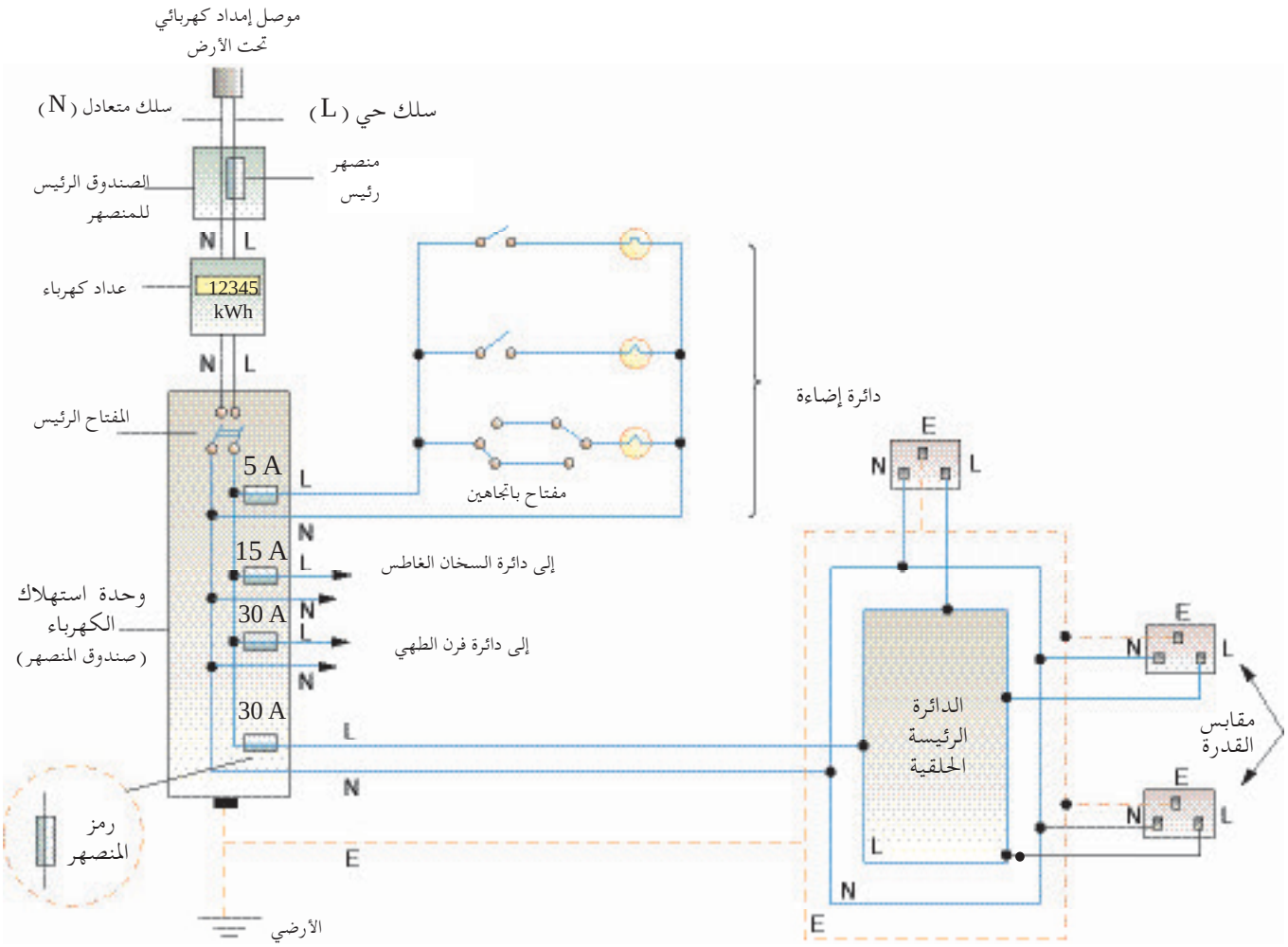
(جـ) قبل تغيير أي منصهر افصل منبع الكهرباء.

شكل 4 – 13 منصهر لا يتغير سلكه



شكل 4 – 14 منصهر يمكن تغيير سلكه

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا



شكل 4 – 15 دائرة كهربائية منزلية نموذجية

مثال محلول 4 – 4

سخان مياه مسجل عليه 2880 W 240 V، احسب تيار التشغيل واقترح معايرة مناسبة لمنصهر يتم استخدامه لحماية السخان من التحميل المفرط .

الحل :

المعطيات : قدرة السخان، $P = 2880\ W$

الجهد الكهربائي، $V = 240\ V$

ولنفترض أن تيار التشغيل هو I،

فباستخدام $P = IV$

لهذا $I = \frac{p}{V}$

$$= \frac{2880}{240}$$

$$= 12\ A$$

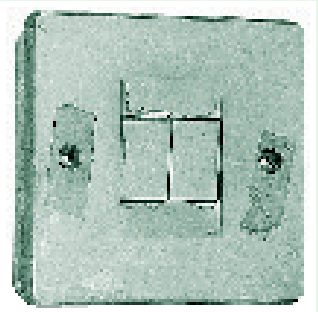
يستخدم منصهر يتحمل 13 A .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مفاتيح الكهرباء

للمفاتيح أشكال عديدة، فيوجد المفتاح المفرد وبه مفتاح واحد على لوحته الأمامية (شكل 4–16)، والمفتاح المزدوج وله مفتاحين على لوحته الأمامية (شكل 4–17)، والمفتاح القلاب، والمفتاح الذي يخفض الضوء وهكذا.

شكل 4 – 16 مفتاح مفرد

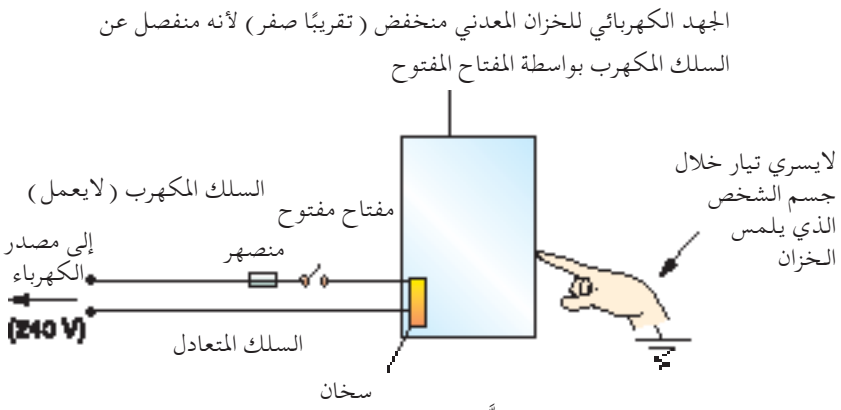


شكل 4 – 17 مفتاح مزدوج

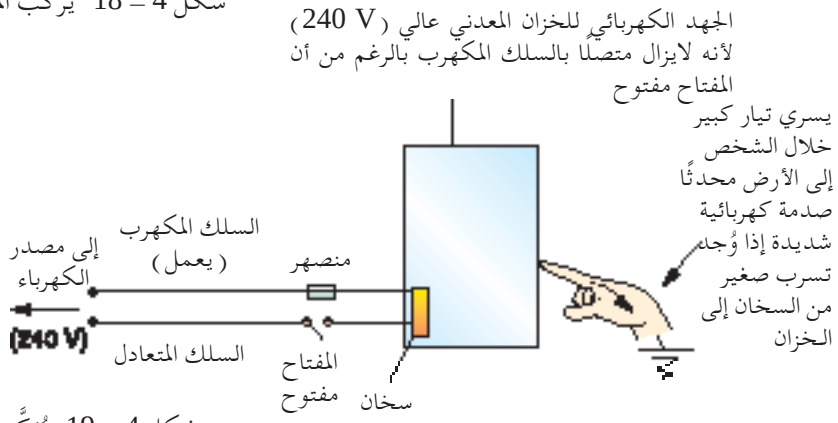
يجب تركيب المفتاح في السلك المكهرب

وتُصمم جميع المفاتيح لأداء نفس وظيفة قطع أو توصيل الدائرة الكهربائية. وتثبيت أي مفتاح في السلك المكهرب هو إجراء وقائي مهم (شكل 4 – 18) حتى يُفصل الجهد الكهربائي العالي عن الجهاز عند إيقاف تشغيل المفتاح.

فإذا ثُبِّت المفتاح في السلك المتعادل، سيكون الجهاز مكهربًا حتى لو تم إيقاف تشغيل المفتاح (شكل 4 – 19). ومن ثم يمكن إنتاج صدمة كهربائية كما في شكل 4 – 19.



شكل 4 – 18 يُرَكَّب المفتاح على السلك المكهرب : إجراء سليم

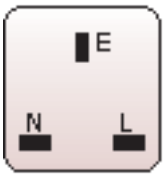


شكل 4 – 19 يُرَكَّب المفتاح على السلك المتعادل : إجراء خطأ

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

القوابس والمقابس

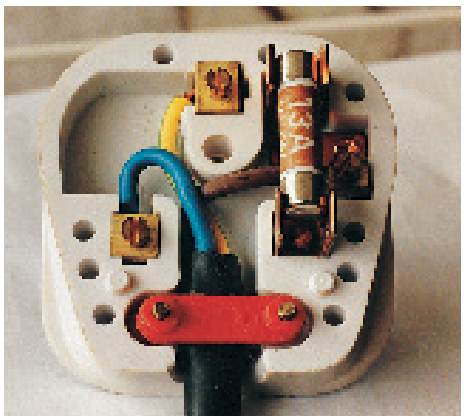
يبين شكل 4 – 20 مقبس (مأخذ) قدرة ثلاثيًا نموذجيًا كالمستخدم في المنازل في ليبيا. يُغَطَّى الثقبان حيث يوضع المسمار المكهرب والمسمار المتعادل للقابس المنصهر بحجاب لحمايتهما، ويفتحا بالمسمار الأرضي الأطول للقابس المنصهر.

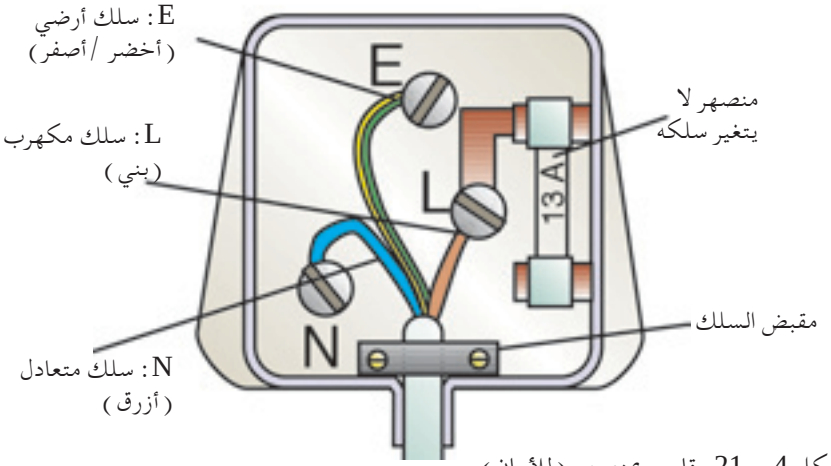


شكل 4 – 20 مقبس قدرة لقابس منصهر ذو ثلاثة مسامير

إن وظيفة القابس المنصهر (شكل 4 – 21) هي وصل جهاز يمكن حمله (مثل الغلاية الكهربائية) بدوائر القدرة من خلال مقبس القدرة. القابس المنصهر الحديث له ثلاثة مسامير مسطحة.

يُرَكَّب بدقة منصهر لا يتغير سلكه داخل حامل في القابس. يحمي المنصهر الجهاز عند حدوث عطب كهربائي. عند انصهار المنصهر داخل القابس فإنه يفصل الجهاز المعنِّي، بحيث تظل الأجهزة الأخرى الموصولة بالدائرة الرئيسة الحلقية تؤدي وظيفتها.





شكل 4 – 21 قابس بمنصهر (للأمان)

ولتركيب السلك المكهرب (L)، و المتعادل (N)، والأرضي (E) في قابس بمنصهر يكون الإجراء كالتالي :

(أ) باستخدام معرية أو قاطع أسلاك، أزل كمية كافية من العازل عن كل من الأسلاك الثلاثة. تأكد من أن الخصلات السلكية لم تنكسر.

(ب) جدِّل الخصلات السلكية معًا برفق.

(جـ) اربط الخصلات السلكية الثلاث بإحكام إلى الأطراف الصحيحة طبقًا لرمز اللون بواسطة مسامير ملولبة يتم الربط حولها، وتأكد من امتداد العازل على الأسلاك حتى المسامير.

(د) أخيرًا، اربط مقبض الأسلاك ليحكم على الأسلاك جيدًا.

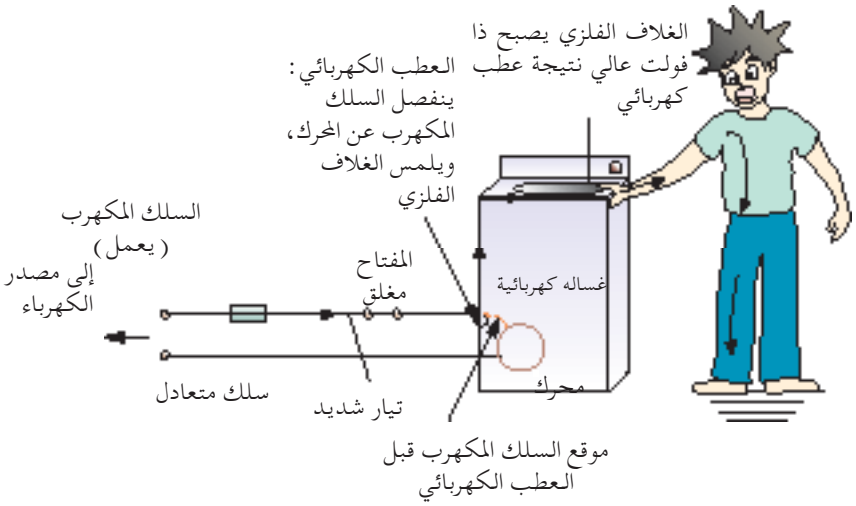
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التوصيل الكهربائي الأرضي :

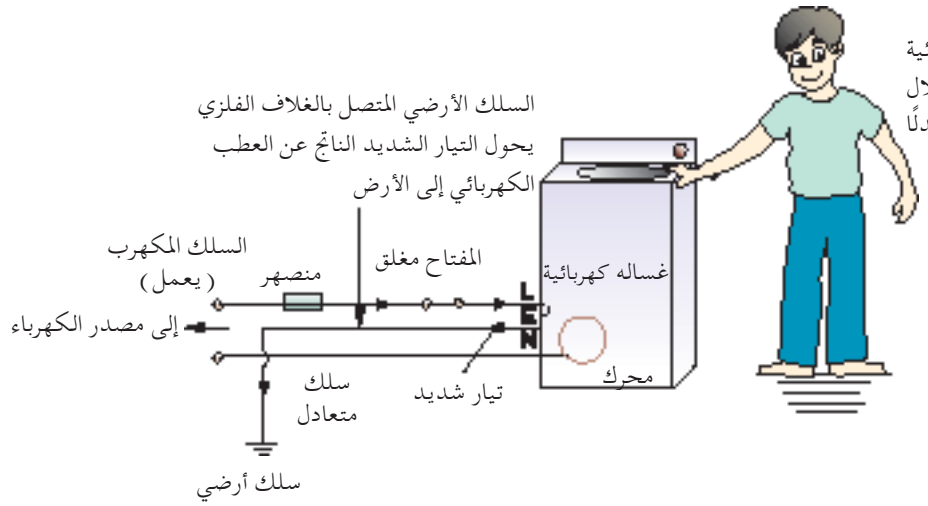
تحتاج جميع الأجهزة سلكين على الأقل (المكهرب والمتعادل) لتكوين دائرة كاملة من المنبع الكهربائي خلال الجهاز ثم إلى المنبع الكهربائي مرة ثانية .

فالسلك المكهرب L (بني اللون) يوصل الطاقة ذات الجهد الكهربائي المتردد العالي إلى الجهاز . ويكمل السلك المتعادل N (أزرق اللون) الدائرة الكهربائية بتكوين مسار لعودة التيار إلى المنبع الكهربائي ، ويكون عادة صفر الفولت . والسلك الأرضي E (أخضر مع أصفر) سلك منخفض المقاومة ، ويوصل عادة بالغلاف الفلزي للجهاز . يحمي السلك الأرضي أي مستخدم للجهاز من صدمة كهربائية إذا أصبح الغلاف الفلزي مكهربًا نتيجة خطأ عرضي (مثلًا عدم ربط السلك المكهرب بإحكام فيلمس الغلاف الفلزي للجهاز) . وسيصهر التيار الشديد ، الساري من السلك المكهرب المفكوك خلال الغلاف الفلزي والسلك الأرضي (سلك منخفض المقاومة) منصهر الدائرة ، ويقطع اتصال المنبع الكهربائي بالجهاز . ويبين شكلا 4 – 22 ، 4 – 23 أهمية التوصيل الأرضي كإجراء وقائي .

يوفر السلك الأرضي مسارًا بديلًا لسريان التيار إذا أصبح الغلاف الفلزي مكهربًا نتيجة خطأ عرضي .



شكل 4 – 22 قد يتسبب غياب السلك الأرضي في صدمات كهربائية



شكل 4 – 23 يمنع السلك الأرضي الصدمات الكهربائية

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

قواطع الدائرة الكهربائية

قواطع الدائرة الكهربائية هي أدوات أمان توقف الإمداد الكهربائي في الدائرة الكهربائية المنزلية عند اكتشاف أعطاب بها . ويوجد عادة قاطع دائرة وحدة توزيع الكهرباء (شكل 4 – 24) داخل المنزل بالقرب من الباب الرئيس .

مفتاح قطع دائرة التسرب الأرضية مفتاح قطع الدائرة المصغر

شكل 4 – 24 قاطع دائرة وحدة التوزيع المنزلية

ويتكون من نوعين من قواطع الدائرة الكهربائية، وهما :

1– قاطع الدائرة الصغرى .
2– قاطع الدائرة للتسرب الأرضي .

يقطع قاطع الدائرة الصغرى الدائرة عند وجود دائرة تحدث قفلة (short circuit)، أو عند وجود تيار أكبر من اللازم خلال الدائرة . وترى في شكل 4 – 24 التيارات المحددة العديدة والمسجل قيمتها عند كل من القواطع، مثل : 6 A، 20 A، مما يعني أنه عند زيادة التيار عن تلك القيم، يتحرك قاطع الدائرة المعني، ويقطع المنبع الكهربائي عن هذا الجزء من الدائرة المنزلية .

ويعاد القاطع المصغر لمكانه بإرجاعه لوضع (التشغيل)، ليصل المنبع الكهربائي مرة ثانية، فقط بعد إصلاح الدائرة المعطوبة . وإذا تحرك قاطع الدائرة الصغرى مرة أخرى بعد رجوعه لمكانه الأصلي، فإن ذلك يعني أن العطب في الدائرة لايزال قائمًا . ويجب في هذه الحالة استدعاء كهربائي متخصص لإصلاح العطب .

ويكشف قاطع الدائرة للتسرب الأرضي تيارات صغيرة متسربة من السلك المكهرب إلى السلك الأرضي . وعند الكشف عن تيار صغير متسرب (عمومًا حوالي 10 – 30) mA) في السلك الأرضي، يتحرك قاطع الدائرة للتسرب الأرضي، ويفصل المنبع الكهربائي . وتوجد أسباب عديدة للتيارات المتسربة، ولكن السبب الأكثر شيوعًا في المنازل هو العزل الضعيف للأجهزة الكهربائية القديمة . قد يسبب العطب سريان تيار متسرب صغير من السلك المكهرب إلى الغلاف الفلزي للجهاز الموصول بالأرض . ومن دون قاطع الدائرة للتسرب الأرضي قد تحدث صدمة كهربائية للشخص الذي يلمس الغلاف الفلزي .

العزل المضاعف :

العزل المضاعف سمة أمان يمكن أن تحل محل السلك الأرضي في أي جهاز كهربائي . مطلوب في تلك الحالة فقط السلكين المكهرب والمتعادل للجهاز .

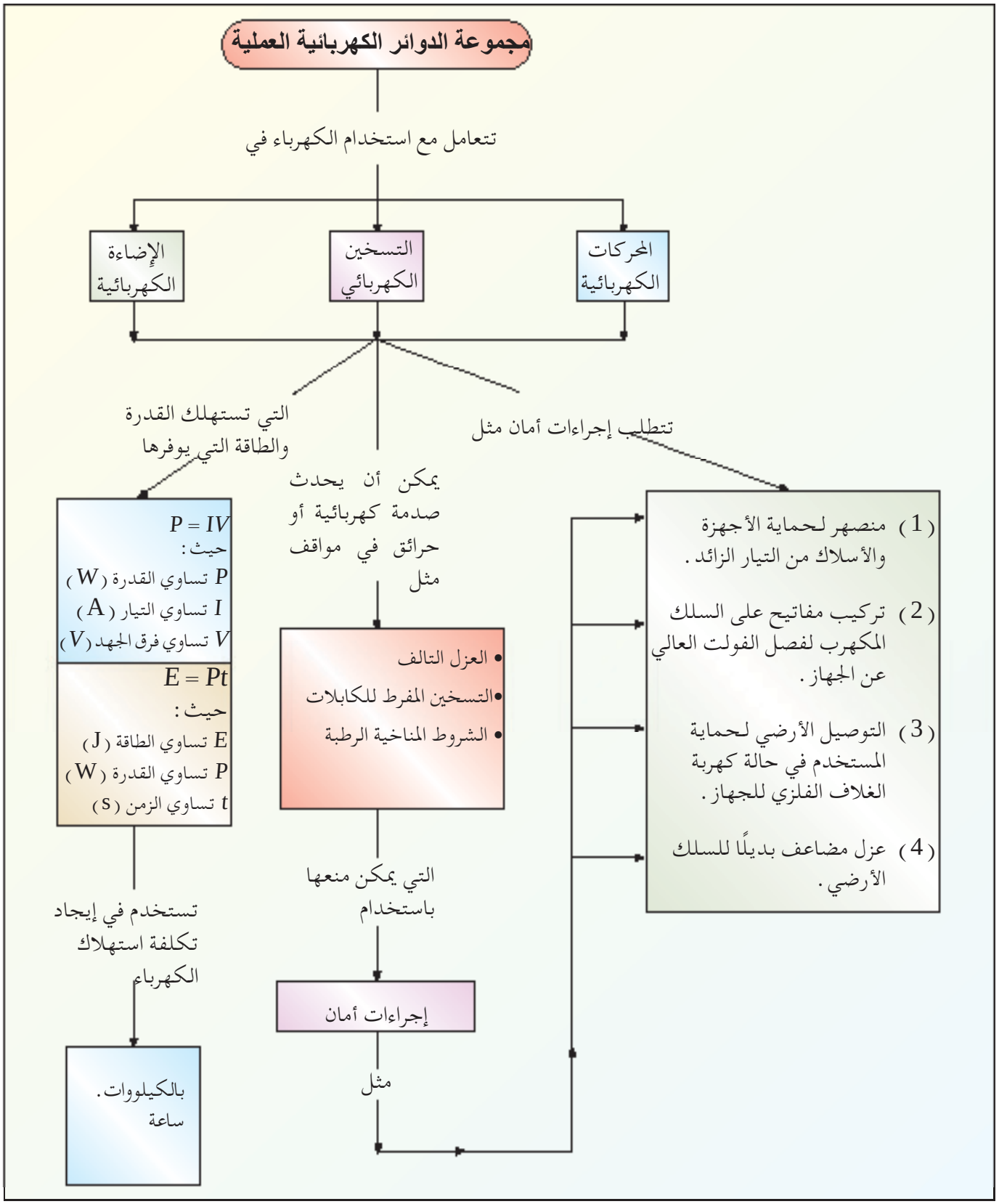
توفر سمة الأمان هذه مستويين للعزل . أولًا : ينعزل الموصل الكهربائي عن المكونات الداخلية للجهاز . ثانيًا، تنعزل الأجزاء الفلزية الداخلية التي قد تصبح مكهربة في حالة حدوث عطب عن الغلاف الخارجي .

يكون عادة غلاف الأجهزة التي بها هذه السمة غير فلزي (مثل اللدائن) . وتكون طريقة الوقاية هذه مبينة على الجهاز من خلال العلامة ⧈ .

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) اذكر سببًا لتوصيل المنصهر إلى السلك المكهرب بدلًا من السلك المتعادل .
(ب) كيف يحمي السلك الأرضي مستخدم الجهاز من الصدمة الكهربائية ؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المهارة: تحديد الأنماط والعلاقات

لعلك قرأت في الصحف عن شيوع اندلاع الحرائق في المصانع القديمة نتيجة الأعطاب الكهربائية. وتعلمت في هذه الوحدة ثلاثة أخطار رئيسة للكهرباء. أيٌّ من هذه الأخطار يسهم في حرائق المصانع القديمة؟ اقترح طرقًا لتقليل أخطار اندلاع الحرائق في مثل تلك المصانع.

لماذا تكون لدى المصانع القديمة قابلية لاشتعال النيران فيها؟

لماذا؟

اذكر خطرًا واحدًا للكهرباء

اذكر خطرًا واحدًا للكهرباء

أمثلة

مقترحات لتقليل أخطار احتراق المصانع القديمة

1- .....

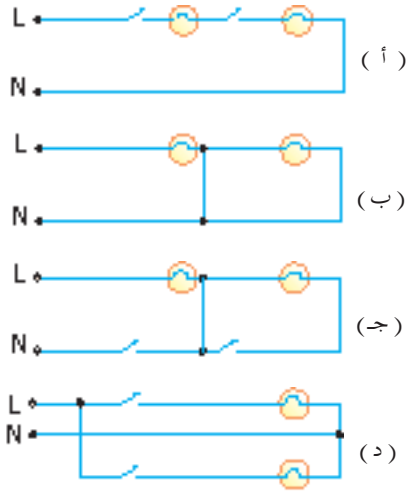
2- .....

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التمرين الرابع

الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

1– أي من الرسوم التالية يبين الاتصال الصحيح لمصباحين «240 V – 50 W» و«240 V – 30 W»؟
(L ترمز إلى السلك المكهرب، N للسلك المتعادل)



2– يستخدم المنصهر لكي
(أ) يمنع سريان التيار الزائد.
(ب) يمنع الصدمات الكهربائية.
(جـ) يحمي الجهاز من تقلب شدة الجهد الكهربائي.
(د) يوفر الطاقة الكهربائية.

3– يستخدم السلك الأرضي لكي
(أ) يمنع سريان التيار الزائد.
(ب) يمنع الصدمات الكهربائية.
(جـ) يمنع الجهاز من الانفجار.
(د) يحمي الجهاز من تقلب شدة الجهد الكهربائي.

4– شَغَّلتْ إحدى الأسر مكيف هواء مسجل عليه 3000 W لمدة 5.5 ساعة. احسب تكلفة الكهرباء المستخدمة إذا كانت الوحدة الواحدة تكلف 20 درهمًا.
(أ) 0.83 دينارًا. (ب) 2.48 دينارًا.
(جـ) 0.330 دينارًا. (د) 24.75 دينارًا.

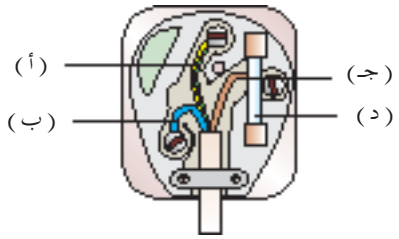
5– رُكِّب منصهر 13 A في مأخذ كهربائي (240 V). ما أقصى عدد ملفات التسخين المسجل على كل منها 240 V – 1000 W والتي يمكن توصيلها بالمأخذ؟
(أ) واحد. (ب) اثنان.
(جـ) ثلاثة. (د) أربعة.

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

1– أكمل الجمل التالية:
(أ) يجب تركيب المفاتيح على السلك ..... حتى يمكن بوقف تشغيلها فصل شدة الجهد العالي عن الجهاز.
(ب) المنصهر هو قطعة سلك رفيعة قصيرة ذات مقاومة ..... لها درجة انصهار ..... نوعًا ما.
(جـ) إن لدى معظم الأجهزة الكهربائية ثلاثة أنواع من أسلاك التوصيل، ألا وهي السلك ..... والسلك ....، والسلك .....

2– مصباح كهربائي مسجل عليه 50 W – 200 V. احسب
(أ) التيار الساري خلال المصباح عند الاستخدام العادي.
(ب) مقاومة الفتيل في المصباح.
(جـ) تكلفة استخدام 10 مصابيح على التوازي لمدة 10 ساعات مستمرة، وبسعر 20 درهمًا لكل كيلووات.ساعة.

3– اذكر اسم الأجزاء المبينة في الرسم:



(أ) ..... (ب) .....
(جـ) ..... (د) .....

ما ألوان الأنواع الثلاثة لسلك التوصيل؟ اشرح عمل الجزء (د).

4– (أ) صف باختصار الأخطار المرتبطة:
(1) بالعزل التالف.
(2) بالتسخين المفرط للموصلات فيما ينطبق على الدائرة الكهربائية المنزلية.

(ب) صف أربعة احتياطات أمان يجب اتخاذها فيما يخص مجموعة الدوائر المنزلية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

5- صَمِّمْ دائرة كهربائية لغرفة دراسة بها الأجهزة المتصلة على التوازي التالية:

(أ) مصباح إضاءة 100 W يتم تشغيله بمفتاح واحد.

(ب) فانوس واحد للقراءة مثبت بها مصباح إضاءة 40 W يمكن تشغيله وإيقافه من نقطتين.

وبافتراض أن الجهد الكهربائي 240 V، احسب:

(جـ) المقاومة الفعالة للمصباحين.

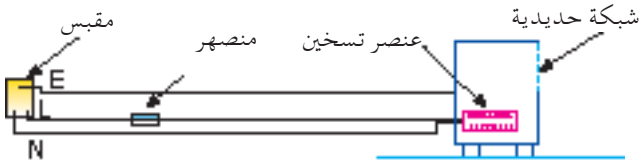
(د) التيار المأخوذ من المنبع الكهربائي عند استخدام كلا المصباحين.

6- تصل مكواة كهربائية إلى درجة حرارة تشغيلها الثابتة بعد تشغيل المفتاح بـ 300 s. ومتوسط التيار الساري خلال عنصر التسخين أثناء تلك المدة 1.3 A.

احسب الطاقة المستمدة من منبع الكهرباء 240 V أثناء تسخين المكواة.

لماذا تكون تلك الكمية من الطاقة أكبر من الحرارة التي تحتفظ بها المكواة؟

7-



يبين الرسم المكونات الرئيسة للدائرة الكهربائية التي توصِّل سخان حمل حراري بمقبس كهربائي 250 V. وتكون مقاومة عنصر التسخين 62.5 Ω عند استخدامه. ولدى أسلاك التوصيل بعنصر التسخين مقاومة كلية 0.01 Ω ويمكن إهمال مقاومة المنصهر.

(أ) احسب التيار الثابت الساري في الدائرة. (تجاهل مقاومة أسلاك التوصيل).

(ب) ما القدرة الكهربائية المبددة في عنصر التسخين؟

(جـ) برر حقيقة أن عنصر التسخين يصبح أكثر سخونة من الأسلاك التي توصله بالمنبع الرئيس للكهرباء.

(د) لماذا تصبح درجة حرارة عنصر التسخين ثابتة بعد تشغيل السخان مباشرة؟

(هـ) يسخن سلك التوصيل في دائرة كهربائية من هذا النوع عندما يصبح مفكوكًا دون قطع الدائرة. لماذا؟

8 - موقد كهربائي له المواصفات التالية:

الجزء	العدد	قدرة الجزء (وات)
شعلة سيراميك، مساحة تسخين صغيرة	2	1250
شعلة سيراميك، مساحة تسخين كبيرة	2	1500
شواية	1	2000
فرن	1	2500

احسب كمية الطاقة (بالكيلووات.ساعة) التي يستخدمها الموقد خلال 30 min عند استعمال جميع الأجزاء في وقت واحد.

كم تكلفة تشغيل الموقد أثناء تلك الفترة إذا كانت تكلفة الطاقة الكهربائية 20 درهمًا لكل كيلووات.ساعة؟ احسب أقصى تيار يمكن أن يحمله الكابل الذي يصل الموقد بمصدر كهربائي 250 V.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 5

الظواهر البسيطة للمغناطيسية

Simple Phenomena of Magnetism

قد تكون لعبت ذات مرة بالمغناطيسات عندما كنت في سن صغير. فالمغناطيسات أجسام غريبة ومشوقة، وهي أيضًا مفيدة، وتستخدم في أجهزة التسجيل، والبوصلة، ومكبرات الصوت، والأقفال، وأشياء أخرى كثيرة. هل تساءلت لماذا تعمل المغناطيسات بالطريقة التي تعمل بها؟ سنجيب عن هذا السؤال في هذه الوحدة.

مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف

- ☐ تذكر خواص المغناطيسات.
- ☐ تصف المغناطيسية المستحثة.
- ☐ تفرق بين المواد المغناطيسية وغير المغناطيسية.
- ☐ تصف طرقًا كهربائية لإكساب المغنطة وإزالة المغنطة.
- ☐ تصف رسم خطوط المجال المغناطيسي باستخدام بوصلة.
- ☐ تفرق بين خواص واستخدامات المغناطيسات المؤقتة (مثل: الحديد)، والمغناطيسات الدائمة (مثل: الفولاذ).
- ☐ ترسم نمط المجال المغناطيسي الناتج عن تيارات في أسلاك مستقيمة وفي ملفات لولبية، ثم
  - (1) تذكر الاختلاف لشدة المجال النوعي المغناطيسي فوق الأجزاء الناتئة من النمط.
  - (2) تذكر تأثير تغيير قيمة واتجاه التيار الكهربائي على المجال المغناطيسي.
- ☐ تصف تطبيق التأثير المغناطيسي للتيار في الجرس الكهربائي، وقاطع الدوائر الكهربائية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

اكتشاف المغناطيسية

كان الصينيون أول من اكتشف منذ نحو **900** عام خاصية فريدة لنوع معين من الصخر يسمى المجنيتايت (أو حجر المغناطيس) .

لقد وجدوا أن الطبق الذي يحمل قطعة من حجر المغناطيس يطفو على الماء بحيث يستقر دائمًا الحجر في اتجاه الشمال – الجنوب . تشكل تلك الخاصية الفريدة لحجر المغناطيس أساسًا للبوصلة، وهي أداة مهمة للملاحة والاستكشاف في كل من الأرض والبحر . ويبين شكل 5 – 1 حجر مغناطيس أو بوصلة المجنيتايت التي استخدمها الصينيون، بينما يبين شكل 5 – 2 بوصلة حديثة .

شكل 5 – 1 بوصلة حجر المغناطيس التي استخدمها الصينيون منذ نحو **900** عام

شكل 5 – 2 بوصلة ملاحية حديثة

المواد المغناطيسية وغير المغناطيسية

يتكون المجنيتايت من أكسيد للحديد . ويجذب ذلك المغناطيس الطبيعي مواد معينة مثل الكوبالت، والنيكل، وبعض السبائك مثل الفولاذ . ونسمي تلك المواد **مواد مغناطيسية** . ونسمي المواد التي لاتنجذب بالمغناطيس مثل النحاس الأصفر، والنحاس الأحمر، والخشب، ولدائن مواد **غير مغناطيسية** .

وأي مادة (مثل المجنيتايت) تكون قادرة على الاحتفاظ بالمغناطيسية لمدة طويلة تسمى **مغناطيسًا دائمًا** . وتُصنع عادة المغناطيسات الدائمة الحديثة من الفولاذ (سبيكة حديد)، وسبائك خاصة مثل ألكوماكس والنيكول اللذان يحتويان على فلزات مثل الحديد، والنيكل، والنحاس الأحمر، والكوبالت، والألومنيوم . نوع آخر من المغناطيس الدائم هو مغناطيس السيراميك، ويصنع من مساحيق تسمى المواد الحديدية (مركبات من أكسيد حديد مع أكاسيد فلزية أخرى)، وتكون مع ذلك مغناطيسات السيراميك هشة .

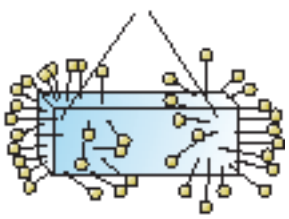
خواص المغناطيسات

بجانب خاصية جذب المواد المغناطيسية، تظهر أيضًا جميع المغناطيسات الخواص التالية :

1 – أقطاب مغناطيسية

يبين شكل 5 – 3 ما يحدث عند بعثرة بعض الدبابيس الفولاذية على قضيب مغناطيسي . تنجذب معظم الدبابيس إلى طرفي القضيب المغناطيسي، ونسمي هذين الطرفين **قطبي** المغناطيس .

أقطاب



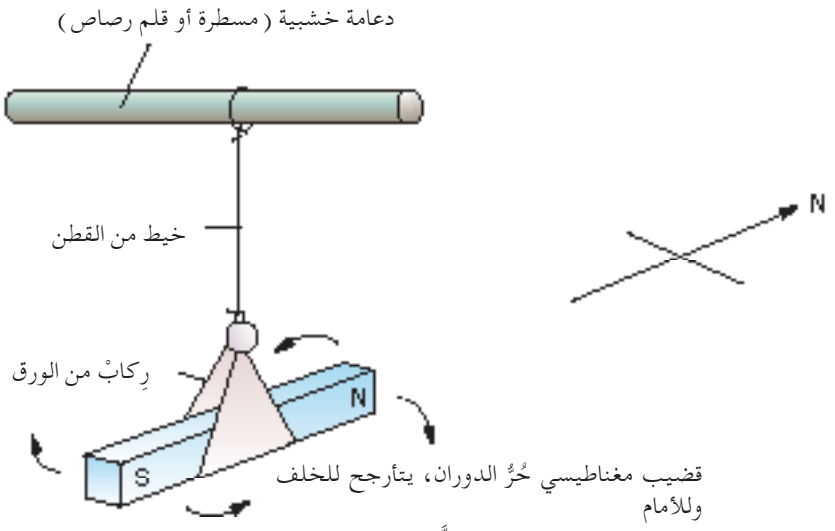
شكل 5 – 3 تبين الدبابيس موقع قطبي المغناطيس

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

2 – القطب الشمالي والقطب الجنوبي

يبين شكل 5 – 4 ما يحدث عند تعليق قضيب مغناطيسي وتركه يتذبذب بحرية في الهواء.

إن للمغناطيسات قطبين: قطب الشمال (N)، وقطب الجنوب (S).



شكل 5 – 4 يشير دائمًا المغناطيس المعلَّق إلى نفس الناحية تمامًا

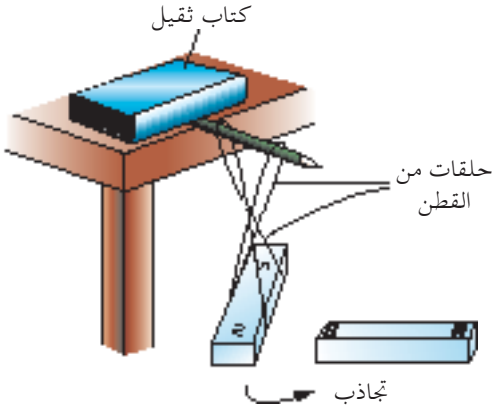
وعند سكون القضيب المغناطيسي، يشير دائمًا أحد طرفيه في اتجاه القطب الشمالي للكرة الأرضية، ويعرف لذلك بالقطب الباحث عن الشمال. وبالمثل يعرف الطرف الآخر للمغناطيس بالقطب الباحث عن الجنوب.

ويشار عادة إلى قطبي المغناطيس على أنهما قطب الشمال (القطب **N**) وقطب الجنوب (القطب **S**). ويُستخدم لهذا السبب المغناطيس كبوصلة للملاحة.

3– قانون الأقطاب المغناطيسية

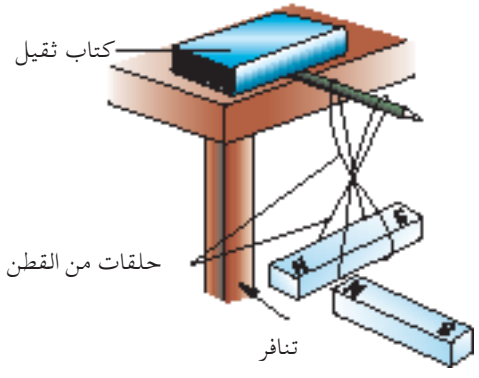
يبين شكل 5 – 5 ما يحدث عند توجيه قطب الجنوب لقضيب مغناطيسي ناحية قطب الشمال لمغناطيس معلَّق، بينما يبين شكل 5 – 6 ما يحدث عند توجيه قطب الشمال لقضيب مغناطيسي تجاه قطب الشمال لمغناطيس معلَّق.

ينجذب قطب الشمال للمغناطيس المعلَّق في شكل 5 – 5 إلى قطب الجنوب للمغناطيس الآخر. وعلى العكس يتنافر قطب الشمال للمغناطيس المعلَّق مع قطب الشمال للمغناطيس الآخر. يتنافر كذلك قطبا الجنوب مع بعضهما البعض. ويلخص قانون الأقطاب المغناطيسية تلك الحقائق التجريبية:



شكل 5 – 5 الأقطاب غير المتماثلة تتجاذب

شكل 5 – 6 الأقطاب المتماثلة تتنافر



الأقطاب المتماثلة تتنافر، والأقطاب غير المتماثلة تتجاذب.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

اختبار مغناطيس

التنافر هو الاختبار الوحيد المضمون لمعرفة القطبية

لاختبار ما إذا كان جسم ما مغناطيسًا، يُجلب أحد طرفيه تجاه أحد طرفي قضيب مغناطيسي معلَّق. فإذا حدث تنافر، يمكننا استنتاج أن الجسم مغناطيس لأن التنافر يحدث بين قطبين متشابهين. وإذا حدث تجاذب، يمكننا استنتاج أن طرف الجسم إما ذا قطبية معاكسة لطرف القضيب المغناطيسي المعلَّق، أو أن الجسم ببساطة مادة مغناطيسية. ولاختبار ما إذا كان الجسم مغناطيسًا، من الضروري تكرار الاختبار بجلب الطرف الآخر للجسم تجاه طرف المغناطيس المعلَّق لنرى ما إذا كان سيحدث تنافر.

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) اذكر ثلاثة أمثلة لمواد مغناطيسية.
(ب) اذكر ثلاثة أمثلة لمواد غير مغناطيسية.
(جـ) اذكر خواص المغناطيسات.

2-5 الحث المغناطيسي

Magnetic Induction

الحث المغناطيسي عملية حث المغناطيسية في مادة حديدية غير ممغنطة من دون أي تلامس مع المغناطيس.

المغناطيسية المستحثة

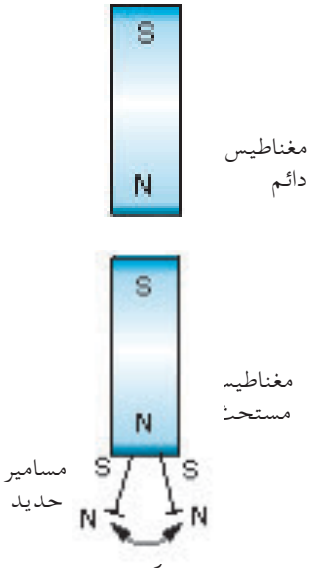
عند وضع قطعة من مادة مغناطيسية غير ممغنطة (مثل الحديد أو الفولاذ)، بالقرب من قطب مغناطيس دائم، تنجذب إلى المغناطيس وتصبح نفسها مغناطيسًا. وبمعنى آخر يقال أن المادة قد استحثت مغناطيسية داخلها. ويبين شكل 5 – 7 مغناطيسًا مستحثًّا يتم تكوينه بوضع مغناطيس دائم بالقرب من قضيب من الحديد المطاوع.

مغناطيس دائم يوضع بالقرب من قضيب من الحديد المطاوع

قضيب من الحديد المطاوع يصبح مغناطيسًا مستحثًّا

في شكل 5 – 7 يحدث الحث المغناطيسي عن بعد

يحث قطب الشمال للمغناطيس الدائم في شكل 5 – 7 قطبًا جنوبيًّا في الطرف القريب من الحديد المطاوع، بينما يصبح الطرف البعيد للحديد المطاوع قطبًا شماليًّا. وللتأكد من أن الطرف البعيد للحديد المطاوع قطب شمال، علِّق مسمارين حديديين من الطرف البعيد للمغناطيس المستحث كما في شكل 5 – 8.

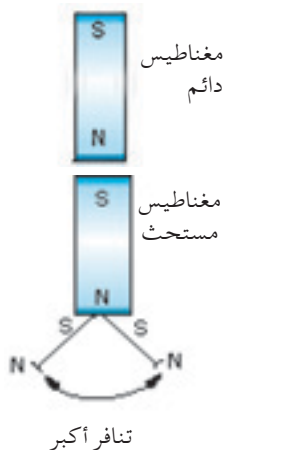


شكل 5 – 8 يصبح المسماران الحديديان مغناطيسين مستحثين، ويُظهرا تنافرًا بين الطرفين البعيدين

إذا كان الطرف البعيد للمغناطيس المستحث في شكل 5 – 8 قطبًا شماليًّا، سيصبح كذلك الطرفان البعيدان للمسمارين الحديديين اللذين أصبحا أيضًا مغناطيسات مستحثة، قطبي شمال.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

وللتأكد من أن الأطراف البعيدة للمسمارين الحديديين أقطاب شمال، نوجه قطبًا شماليًّا لقضيب مغناطيسي آخر نحو الطرفين البعيدين للمسمارين الحديديين. ويشاهد في شكل 5 – 9 تنافرًا أكبر يبين أن الطرفين البعيدين للمسمارين الحديديين قطبان شماليان. ويبين ذلك على نحو قاطع أن الطرف البعيد للمغناطيس المستحث قطب شمال.



شكل 5 – 9 يزيد التنافر بين المسمارين الحديديين

أسئلة التقويم الذاتي

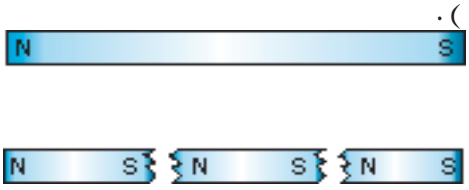
لماذا تصبح إبرة البوصلة في حالة تذبذب، ثم تستقر في النهاية، عند وضع قضيب حديد مطاوع عند الموضع X بين البوصلة والمغناطيس الدائم؟

شكل 5 – 10

5–3 نظرية المغناطيسية

Theory of Magnetism

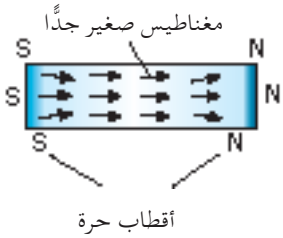
إذا أخذنا قطعة رفيعة من قضيب فولاذي ممغنط، وقسمناها إلى ثلاث قطع أصغر، سنلاحظ أن كل قطعة هي مغناطيس ذو قطب شمال – جنوب (شكل 5 – 11).



شكل 5 – 11 كل قطعة من القضيب الفولاذي الممغنط هي مغناطيس

لهذا، يكون من المعقول تخيل أنه إذا واصلنا قَطْع كل قطعة من المغناطيس إلى قطع أصغر، ستظل ممغنطة. وبمعنى آخر يمكننا افتراض أن المغناطيس الرئيس كان مكونًا من العديد من المغناطيسات «الصغيرة جدًّا» مصطفة جميعًا على خط، تتجه فيه أقطابها الشمالية في نفس الاتجاه (انظر شكل 5 – 12).

نلاحظ في شكل 5 – 12 أن المغناطيسات الدقيقة عند طرفي القضيب المغناطيسي تميل نحو الخارج بسبب التنافر المتبادل بين الأقطاب المتماثلة، مما يفسر كون أقطاب المغناطيس عند الأطراف. يمكننا تخيل في حالة القضيب غير الممغنط المغناطيسات الدقيقة تشير في اتجاهات عشوائية كما هو مبين في شكل 5 – 13. ويُلغى عندئذ التأثير المغناطيسي الناتج عن جميع المغناطيسات الدقيقة، ويقال أن القضيب الفولاذي غير ممغنط.



شكل 5 – 12 قضيب ممغنط

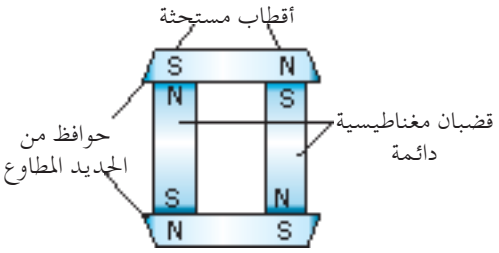
شكل 5 – 13 قضيب غير ممغنط

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ويمكن بناءً على هذه النظرية تفسير مايلي :

1- تخزين المغناطيسات باستخدام حوافظ

إذا خُزِّنَت المغناطيسات بوضعها جنبًا إلى جنب، فقد تصبح أضعف بعد مرور بعض الوقت، وذلك بسبب الأقطاب « الحرة » (شكل 5 – 12) القريبة من طرفي المغناطيس التي تتنافر مع بعضها البعض، ومن ثم يضطرب تراص المغناطيسات الدقيقة. ولنمنع إضعاف المغناطيسات، يمكننا تخزين القضبان المغناطيسية في أزواج، باستخدام قطعتين من الحديد المطاوع تسميان حوافظ، عبر أطراف القضبان المغناطيسية كما هو مبين في شكل 5 – 14.



شكل 5 – 14 تساعد حوافظ الحديد المطاوع القضيب المغناطيسي الدائم على البقاء ممغنط بقوة

2- التشبع المغناطيسي

لكل مغناطيس قوة قصوى ممكنة، يبلغها عند تراص جميع المغناطيسات الدقيقة في نفس الاتجاه.

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) اذكر الفرق بين قضيب غير ممغنط، وقضيب ممغنط.
(ب) لماذا يكون لكل مغناطيس قوة قصوى ممكنة؟

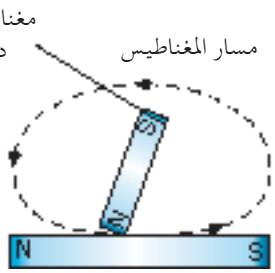
5-4 طرق إكساب وإزالة المغناطيسية

Methods of Magnetisation and Demagnetisation

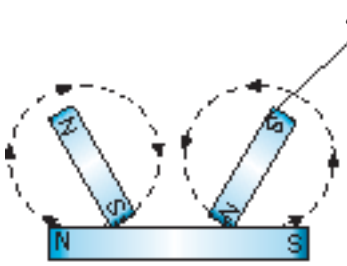
طرق صنع المغناطيسات

1- صنع مغناطيس بالدلك

تُبنى هذه الطريقة على الحث المغناطيسي الذي نوقش في الجزء 5 – 2، وتوجد طريقتان لإجراء تلك العملية : اللمسة الواحدة، واللمسة المجزئة (انظر شكلي 5 – 15، 5 – 16 على التوالي).



شكل 5 – 15 اللمسة الواحدة



شكل 5 – 16 اللمسة المجزئة

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

في حالة طريقة اللمسة الواحدة، يُدَلَّك القضيب الفولاذي غير الممغنط من طرف إلى الآخر عدة مرات في نفس الاتجاه باستخدام نفس القطب (في هذه الحالة قطب الشمال) لمغناطيس دائم .

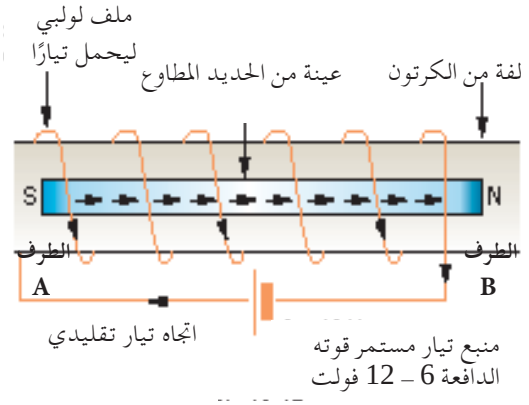
وفي حالة طريقة اللمسة المجزئة، يُدَلَّك من مركز القضيب الفولاذي غير الممغنط نحو الخارج بالقطبين غير المتماثلين للمغناطيسين الدائمين في نفس الوقت . تعتبر تلك العملية أكثر كفاية من طريقة اللمسة الواحدة، رغم أنه في الحالتين، يجب أن تُرفع عند نهاية كل مرة المغناطيسات لأعلى بشكل كافٍ فوق القضيب الفولاذي .

وبناءً على تأثير الحث المغناطيسي، فإن القطب المكون عند طرف القضيب الفولاذي الممغنط بالدلك يكون ذا قطبية عكس قطبية قطب المغناطيس الدائم .

2- صناعة المغناطيس كهربائيًّا

توضع في شكل 5 – 17 عينة من الحديد المطاوع المطلوب مغنطتها داخل ملف أسطواني الشكل يسمى **ملفًّا لولبيًّا** ملفوف حول لفة من الكرتون . ويجب أن يتكون الملف اللولبي المستخدم من عدة مئات من اللفات من سلك نحاسي أصفر معزول .

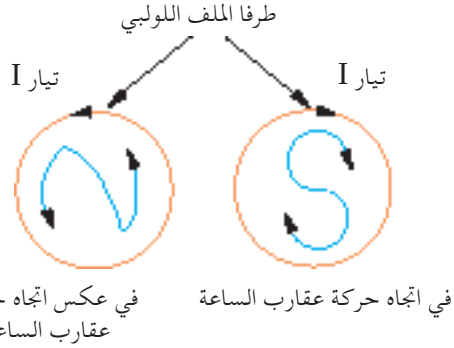
وعند تمرير تيار مستمر خلال الملف اللولبي، يصبح مغناطيسًا . وبتشغيل التيار لمدة قصيرة ثم إيقافه، تصبح العينة من الحديد المطاوع غير الممغنطة ممغنطةً عند رفعها من الملف اللولبي . ويمكن تحديد قطبية المغناطيس بطريقتين .



شكل 5 – 17 طريقة الملف اللولبي

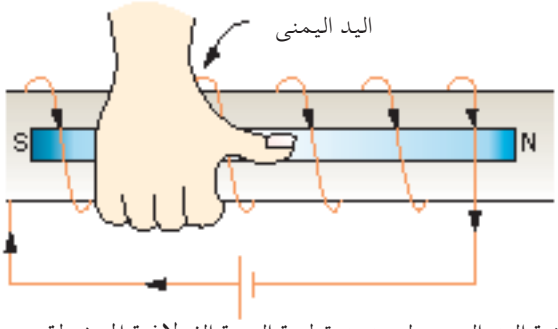
(أ) اتجاه التيار عند طرفي الملف اللولبي

عند النظر مباشرة إلى الطرف **B** للملف اللولبي في شكل 5 – 17، نرى تيارًا يسري في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة، مما يعني أن طرف العينة الفولاذية الممغنطة عند الطرف **B** هو قطب الشمال . ومن ناحية أخرى، إذا نظرنا إلى الطرف **A** للملف اللولبي، يسري التيار في اتجاه حركة عقارب الساعة، مما يعني أن ذلك الطرف للعينة الفولاذية الممغنطة هو قطب الجنوب .



شكل 5 – 18 تحديد قطبية العينة الفولاذية الممغنطة

(ب) قاعدة قبضة اليد اليمنى



شكل 5 – 19 قاعدة قبضة اليد اليمنى لتحديد قطبية العينة الفولاذية الممغنطة

بالقبض على الملف اللولبي باليد اليمنى، بحيث تكون الأصابع في اتجاه التيار المار في الملف اللولبي، يكون طرف القضيب الفولاذي الممغنط الذي يشير إليه إصبع الإبهام قطبًا شماليًّا .

تحدٍ

- هل يمكنك تفسير مغنطة عينة من الحديد المطاوع بالتيار المستمر الساري خلال الملف اللولبي مستخدمًا "المغناطيسات الذرية" ؟
- ماذا ستكون النتيجة إذا سرى تيار متردد (تيار يسري جيئة وذهابًا في الأسلاك) في الملف اللولبي ؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

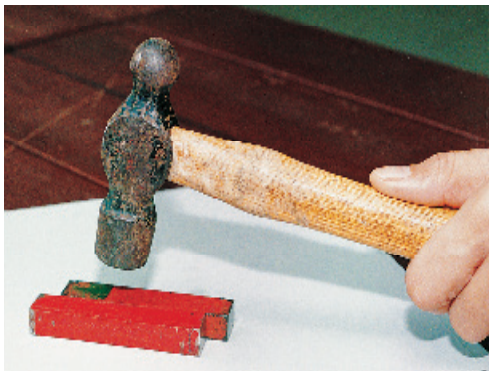
طُرُق إزالة مغناطيسية المغناطيسات

1- التسخين

إذا سـخَّنا مغناطيسًا بشدة بواسـطة موقد بنزن، سيفقد المغناطيس مغناطيسيته بسـرعة كبيـرة. ويرجع ذلك إلى الاهتـزازات المتزايدة لـذرات المغناطيس، الأمر الـذي يجعـل المغناطيسـات الدقيقـة تفقد اتجاهها الموحد. وبذلـك يتم تدمير عملية المغنطة.

2- الطَّرْقُ بالمطرقة

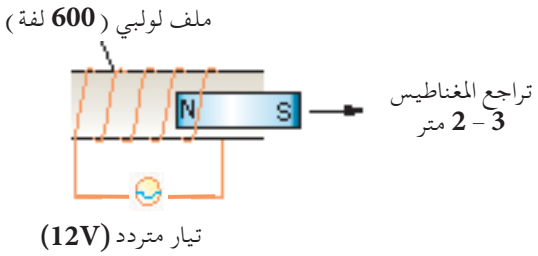
الطرق يجعل المغناطيسات الدقيقة تفقد اتجاهها الموحد، كما في حالة التسخين، وبالتالي تفقد مغناطيسيتها (شكل 5 – 20).



شكل 5 – 20 يزيل أيضًا الطرق المغناطيسية من المغناطيسات

3- التيار المتردد

هـذه أفضـل طريقة لإزالـة المغناطيسـية. فبوضـع مغناطيس داخل ملـف لولبي متصل بمنبع تيار متردد، يتم إزالة المغنطة ببطء باسـتخدام التيار المتردد المار في الملف اللولبي (شكل 5 – 21).



شكل 5 – 21 إزالة مغنطة المغناطيس

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) إذا اسـتخدم قطب جنوبي في طريقة اللمسـة الواحدة للتدليك، ما قطبية طرف القضيب الفولاذي الممغنط المرفوع لأعلى؟

(ب) اذكر ثلاث طرق لإزالة مغنطة المغناطيسات.

5 – 5 المجالات المغناطيسية، وبوصلة تخطيط المجال

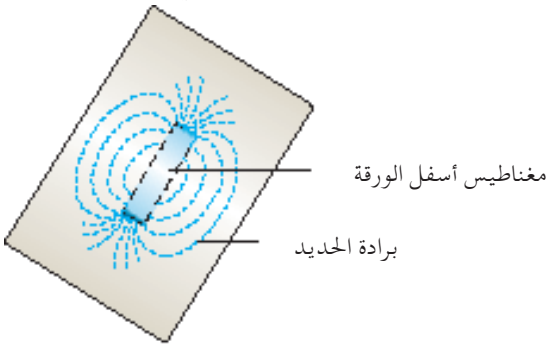
Magnetic Fields and the Plotting Compass

هـل أسـقطت مـن قبل علبـة دبابيس علـى الأرض؟ سـتجد أن الطريقـة الفعالة لجمعها هي اسـتخدام مغناطيس. سـتلاحظ انجذاب الدبابيس للمغناطيس عند اقترابه منها. ويمكن تفسير ذلك التأثير للفعل عن بعد بمفهوم المجال المغناطيسي حول المغناطيس.

المجـال المغناطيسـي هـو المنطقـة التـي تُبذل فيها قـوة مغناطيسـية على أي جسم مغناطيسي يوضع داخل تأثير المجال.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ولتوضيح نمط لمجال مغناطيسي حول قضيب مغناطيسي، يمكن رش قليلٍ من برادة الحديد على ورقة ثم الدق برفق أسفلها مباشرة بقضيب مغناطيسي. ويبين شكل 5 – 22 برادة الحديد وقد اتخذت شكلًا معينًا، هو نمط المجال المغناطيسي.



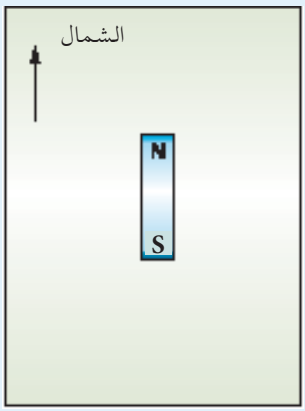
شكل 5 – 22 نمط المجال المغناطيسي لقضيب مغناطيسي

ولمعرفة اتجاه لمجال مغناطيسي، يمكن استخدام بوصلة تخطيط مجال صغيرة موصوفة في التجربة التالية:

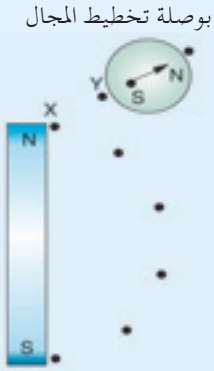
تجربة 5 – 1

لرسم خطوط المجال لمجال مغناطيسي.

الأدوات: قضيب مغناطيسي، بوصلة تخطيط المجال، ورق مقوى.



شكل 5 – 23



شكل 5 – 24

الإجراء: **1**– ضع القضيب المغناطيسي عند مركز الورقة بحيث يواجه قطبه الشمالي جهة الشمال، ويواجه قطبه الجنوبي جهة الجنوب.

2– مبتدئًا بالقرب من أحد أقطاب المغناطيس، ضع علامة بالقلم الرصاص عند موقعي طرفي الشمال والجنوب لإبرة البوصلة في **X**، **Y**.
حَرِّك البوصلة حتى يصبح أحد الطرفين فوق **Y** تمامًا، ثم ضع علامة عند الموقع الجديد للطرف الآخر بنقطة ثالثة.

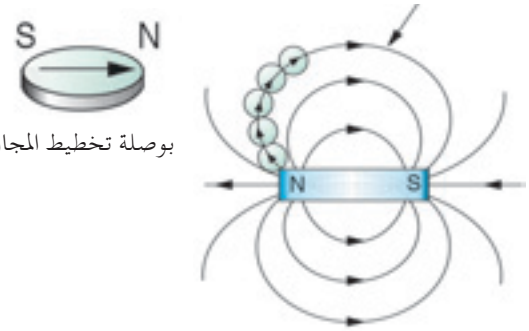
3– كرر عملية رسم النقاط، ثم صل سلسلة النقاط، وسيعطيك ذلك رسم خطوط المجال للمجال المغناطيسي.

الاحتياطات: **1**– تأكد أن بوصلة تخطيط المجال في حالة صالحة للاستعمال.

2– تأكد من عدم وجود مجال مغناطيسي قوى (غير المجال المغناطيسي للأرض) حول البوصلة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خط القوة المغناطيسي



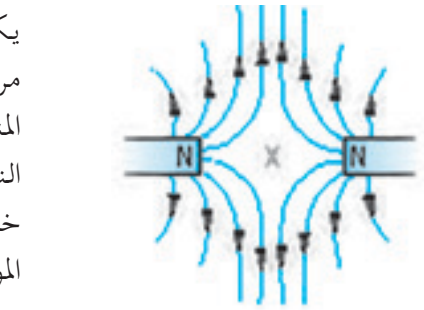
بوصلة تخطيط المجال

شكل 5 – 25 خطوط المجال المغناطيسي حول قضيب مغناطيسي

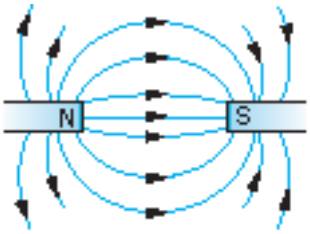
ويبين شكل 5 – 25 نمط مجالٍ نموذجيًّا (متجاهلًا تأثير مجال الكرة الأرضية) لقضيب مغناطيسي .

وتمثل الخطوط في شكل 5 – 25 اتجاه المجال المغناطيسي، ولذلك تسمى **خطوط المجال المغناطيسي** . وتعرف أيضًا تلك الخطوط للمجال المغناطيسي بأنها خطوط قوة لأننا إذا وضعنا أي مواد مغناطيسية في منطقة خطوط المجال، ستتأثر المواد المغناطيسية بقوة مغناطيسية موجهة بطول الخطوط . ونُعرِّف خط القوة بأنه المسار الذي سيتحرك بطوله قطبٌ شماليٌّ "حر" خيالي إذا كان حرًّا في فعل ذلك .

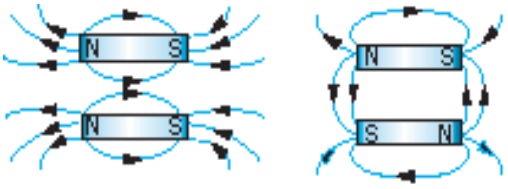
ويمكن أيضًا استخدام هذه البوصلة لرسم المجال المغناطيسي الموحد الناتج عن المغناطيسات المتجاورة . وتبين أشكال 5 – 26 إلى 5 – 28 نمط المجالات المغناطيسية الموحدة، فحيث تكون خطوط المجال قريبة من بعضها يكون المجال أقوى . ونرى أن خطوط المجال القريبة من أقطاب المغناطيسات مرسومة بالقرب من بعضها مما يشير إلى أن قوة المجال المغناطيسي عند تلك المناطق قوية . فتسمى النقطة X في شكل 5 – 26 **نقطة تعادل** لأن المجال الناتج عن مغناطيس واحد يلغي المجال الناتج عن الآخر، ولذلك لاتوجد خطوط مجال مغناطيسي عند X . ويمكن أن تشير بوصلة تخطيط المجال الموجودة عند X إلى أي اتجاه .



شكل 5 – 26 نمط مجال لزوج من الأقطاب المتماثلة معًا



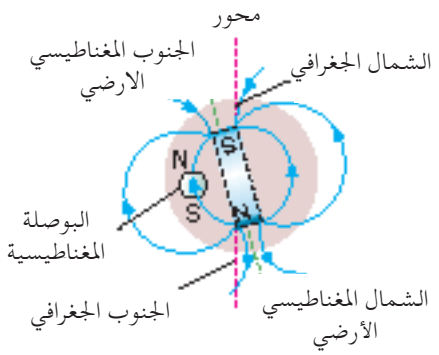
شكل 5 – 27 نمط مجال لزوج من الأقطاب غير المتماثلة معًا



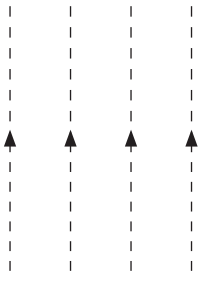
شكل 5 – 28 أنماط مجال أخرى لقضبان مغناطيسية

المجال المغناطيسي للكرة الأرضية

تسلك الكرة الأرضية كما لو أن لها مجال مغناطيسي بقطبين مغناطيسيين، شمالي وجنوبي . وبمعنى آخر، يمكن التفكير في الكرة الأرضية وكأن لها قضيب مغناطيسي خيالي داخلها، كما هو مبين في شكل 5 – 29 .



شكل 5 – 29 المجال المغناطيسي للكرة الأرضية



شكل 5 – 30 يمكن اعتبار المجال المغناطيسي للكرة الأرضية عند أي موقع معين مجالًا منتظمًا

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ويقع الجنوب المغناطيسي بمكان ما في البحر شمال كندا، ويتزحزح ببطء بمرور السنين. ويُعتقد الآن أن المجال المغناطيسي للكرة الأرضية سببه على الأرجح تيارات كهربائية تدور داخل قلب الكرة الأرضية، وتلك التيارات تتولد بالحمل الحراري في قلب الكرة الأرضية السائل. ويُعتقد أن الطاقة الخاصة بالحمل الحراري ترجع إلتحول الطاقة النووية، تحدثها العمليات الإشعاعية في قلب الكرة الأرضية.

وتوجد أيضًا مجالات مغناطيسية داخل الذرات، وفي النجوم، والأجرام السماوية الأخرى.

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) اذكر مثالين لتأثير "الفعل عن بعد" لمغناطيس.

(ب) ماذا تفهم من المصطلح: نقطة تعادل؟

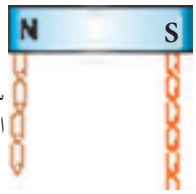
5-6 الخواص المغناطيسية للحديد والفولاذ

Magnetic Properties of Iron and Steel

الخواص المغناطيسية للحديد:
- سهولة إكسابه وفقده للمغناطيسية.
- يمكن إكسابه المغناطيسية بواسطة مجال مغناطيسي ضعيف.

- يستخدم الحديد في المغناطيسات الكهربائية، وقلب المحول الكهربائي، والحجب المغناطيسية.
- **الخواص المغناطيسية للفولاذ:**
- أكثر صعوبة في إكسابه وفقده للمغناطيسية من الحديد.
- يتطلب مجالًا مغناطيسيًا قويًا ليكتسب مغناطيسية.
- الفولاذ مناسب جدًا لصناعة مغناطيسات دائمة، ويُستخدم لصناعة قضبان مغناطيسية.

يبين شكل 5 – 31 سلسلتين من مشابك الورق الحديدية الصغيرة، وسنون قلم فولاذية معلَّقتين في مغناطيس. ويحث كل مشبك أو سن المغناطيسية في المشبك الموجود أسفل منه، وتجذب الأقطاب غير المتماثلة المكونة بتلك الطريقة بعضها البعض. تضاف المشابك والسنون الواحد تلو الآخر؛ لتُشكِّل سلسلة حتى تمتنع أي مشابك أو سنون أخرى عن البقاء متصلة بالحث المغناطيسي.



المشابك الحديدية للورق

سنون أقلام الجاف من الفولاذ

شكل 5 – 31 سلسلتان من المشابك الحديدية والسنون الفولاذية

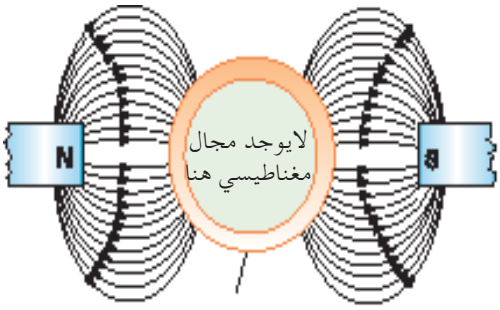
ونلاحظ من شكل 5 – 31 أن السلسلة المكونة بمشابك الورق الحديدية أطول من تلك المكونة بسنون الأقلام الفولاذية. ويبين ذلك أن الحديد أسهل في إكسابه مغناطيسية من الفولاذ.

وإذا أزيلت السلسلة المكونة من المشابك الحديدية بجذب المشبك الأعلى ببطء بعيدًا عن المغناطيس، تنهار السلسلة كلها. ويبين ذلك أن المغناطيسية المستحثة في الحديد مؤقتة.

لكن إذا كُرِّر نفس الإجراء مع سلسلة السنون الفولاذية، لاتنهار السلسلة، ولكن تبقى السنون متجاذبة لبعضها البعض. ويبين ذلك أن المغناطيسية المستحثة في الفولاذ دائمة. وتعرف المواد المغناطيسية مثل الفولاذ والتي تكون أصعب في إكسابها مغناطيسية، ولكن تحتفظ بمغناطيسيتها لمدة أطول **بالمواد المغناطيسية الصلدة**، وتسمى المواد المغناطيسية مثل الحديد أو السبائك الخاصة مثل ميوميتال وستالوي والتي تكون أسهل في إكسابها مغناطيسية ولكن لاتحتفظ بمغناطيسيتها **بالمواد المغناطيسية المطاوعة**.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

إن لكل من نوعي المواد المغناطيسية تطبيقاته المفيدة. فتستخدم على سبيل المثال المواد المغناطيسية الصلدة مثل الفولاذ في صناعة مغناطيسات دائمة، بينما تستخدم المواد المغناطيسية المطاوعة (مثل الحديد) في صناعة قلوب المحولات الكهربائية، والمغناطيسات الكهربائية، والأحجبة المغناطيسية (انظر شكل 5 – 32).



حجاب حديد مطاوع

شكل 5 – 32 يستخدم الحجاب المغناطيسي لتخزين الأجهزة الحساسة مغناطيسيًا مثل الساعات

أسئلة التقويم الذاتي

فرِّق بين الخواص المغناطيسية للحديد والفولاذ.

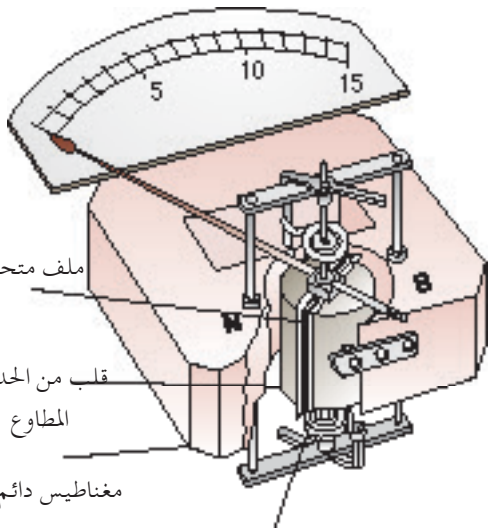
5-7 بعض استخدامات المغناطيسات الدائمة والمغناطيسات الكهربائية

Some Uses of Permanent Magnets and Electromagnets

المغناطيسات الدائمة

1- الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك

الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك جهاز كاشف للتيار الكهربائي. ويُصنع في الأساس من ملف معلَّق في المجال المغناطيسي لمغناطيس دائم. وعند سريان تيار كهربائي في الملف، يُنتج تأثيرًا دوّارا فيه، ويشير عندئذ المؤشر الموصل بالملف إلى انحراف على المقياس (انظر شكل 5 – 33 (أ))

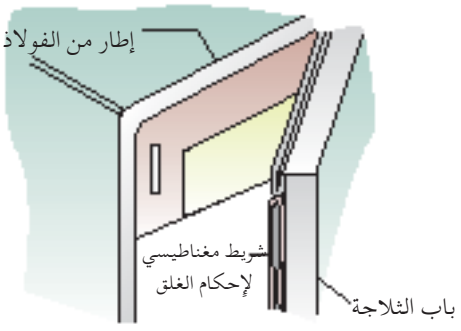


شكل 5 – 33 (أ) منظر تفصيلي لجلفانوميتر ذي ملف متحرك

شكل 5 – 33 (ب) الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك صفره في المنتصف

2- سُقّاطة الباب المغناطيسية

تُركَّب أشرطة ممغنطة في أبواب الثلاجات والمجمدات (حجرة تجميد الثلاجة) لتبقى مغلقة. ويبين شكل 5 – 34 سقاطة الباب الممغنطة للثلاجة المنزلية الشائعة.



شكل 5 – 34 سقاطة باب مغناطيسية

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

3- استخدامات أخرى للمغناطيسات الدائمة

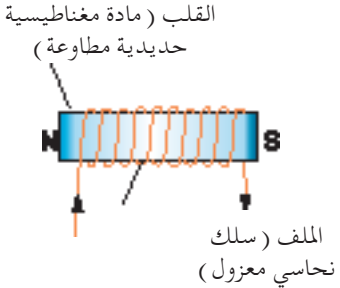
(أ) المغناطيسات الدائمة ضرورية لتشغيل آلات كهربائية عديدة مثل مولدات التيار المستمر ومحركات التيار المتردد .

(ب) تستخدم بعض الحواسب مغناطيسات حلقية صغيرة كذاكرة مغناطيسية .

(جـ) يستخدم الطبيب الممارس مغناطيسات لإزالة الأجسام الحديدية (مثل شظايا الحديد) من عين المريض .

(د) يُستخدم مغناطيس صغير لإعادة ضبط المؤشر الفلزي في ترمومتر النهايات الصغرى والعظمى .

(هـ) مكبرات الصوت ذات الملف المتحرك (انظر الوحدة السادسة) .



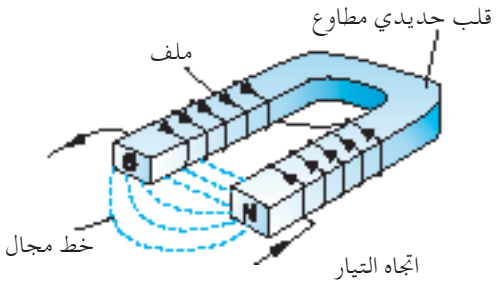
شكل 5 – 35

المغناطيسات الكهربائية

يتكون المغناطيس الكهربائي من ملف لولبي من سلك من النحاس الأحمر المعزول ملفوف لفات عديدة على قلب من مادة مغناطيسية مطاوعة (في العادة حديد مطاوع) .

وعند تمرير تيار كهربائي في الملف اللولبي، يتمغنط القلب ويُنتج مجالًا مغناطيسيًّا قويًّا . وعند إيقاف تشغيل التيار، يفقد القلب مغناطيسيته لأنه مصنوع من مادة مطاوعة مغناطيسيًّا، مما يعني أن المغناطيس الكهربائي يعمل كمغناطيس مؤقت .

وكلما كان التيار أكبر، كلما كانت قوة المجال المغناطيسي للمغناطيس الكهربائي أعظم . وكلما كان عدد اللفات لكل وحدة طول في الملف اللولبي أكبر، كلما كان المجال المغناطيسي للمغناطيس الكهربائي أقوى .



شكل 5 – 36

ويبين شكلا 5 – 35، 5 – 36 نوعين شائعين من المغناطيسات الكهربائية .

وتشمل الاستخدامات الشائعة للمغناطيسات الكهربائية :

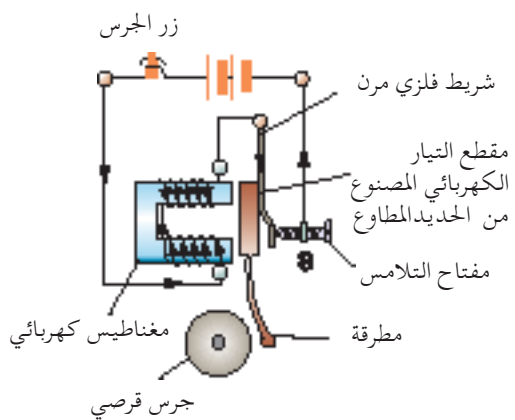
يتكون المغناطيس الكهربائي كما ذكر في الجزء السابق من ملف لولبي من سلك نحاسي معزول ملفوف لفات كثيرة على قلب من مادة مغناطيسية مطاوعة (في العادة حديد مطاوع) . وتشمل بعض الاستخدامات :

1- الجرس الكهربائي

عند الضغط على زر الجرس تصبح الدائرة الكهربائية كاملة، ويسري التيار، ويصبح المغناطيس الكهربائي ممغنطًا، فيجذب مقطع التيار الكهربائي المصنوع من الحديد المطاوع . ويُمَكِّن ذلك المطرقة من ضرب الجرس القرصي .

وبمجرد ابتعاد المطرقة تنقطع الدائرة عند نقطة مفتاح التلامس (S)، فيتوقف التيار، ويفقد المغناطيس الكهربائي مغناطيسيته . ويسمح ذلك للشريط الفلزي المرن بجذب مقطع التيار الكهربائي للخلف، محدثًا تلامس عند (S) مرة أخرى، وبذلك تكتمل الدائرة مرة أخرى .

تتكرر بعد ذلك تلك الدورة، ويظل الجرس يرن ما دام الضغط على زر الجرس مستمرًا .



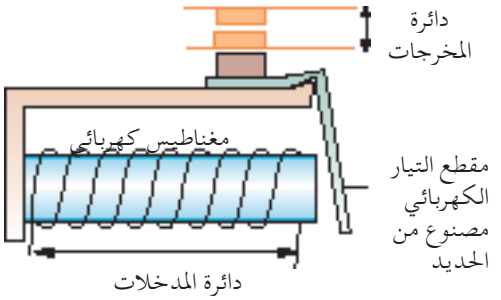
شكل 5 – 37 جرس كهربائي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

2- المُرحِّل المغناطيسي البسيط

يبين شكل 5 – 38 جهاز الترحيل هو جهاز توصيل يستخدم مغناطيسًا كهربائيًّا وله دائرتان كهربيتان على الأقل. تُستخدم دائرة واحدة للسيطرة على دائرة كهربائية أخرى دون وجود أي اتصال كهربائي مباشر بينهما. وتمد دائرة المدخلات المغناطيس الكهربائي بالتيار.

ونحتاج فقط تيارًا صغيرًا جدًا. فعند وصول التيار لمستوى محدد، يجذب المغناطيس الكهربائي أحد طرفي مقطع التيار الكهربائي الحديدي الذي يعمل كمحور، بينما يعمل الطرف الآخر كرافعة. تُفتح الرافعة أو تُقفل (طبقًا للتصميم) أماكن التلامس في الدائرة الثانية، أو دائرة المخرجات. ولهذا تسيطر دائرة المدخلات والتي تعمل بتيار (أو جهد) ضعيف (آمن) على، أو تنشط دائرة أخرى تعمل بتيار/جهد أعلى (خطير).

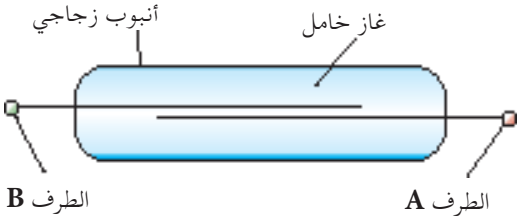


شكل 5 – 38 جهاز الترحيل المغناطيسي البسيط

3- المفتاح الريشي

يبين شكل 5 – 39 المفتاح الريشي في الأساس زوج من شرائح الحديد المطاوع (أو سبيكة من الحديد – النيكل) موضوعة داخل أنبوب زجاجي. وتوجد فجوة صغيرة بين الشريحتين. وتؤدي حركة الشريحتين إلى وصل أو قطع التلامس للتوصيل الكهربائي بين الطرفين **A**، **B** للمفتاح الريشي. ويحمي الأنبوب الزجاجي الذي يحتوي على غاز خامل تحت ضغط جوي معتاد، الشريحتين من التلوث والأكسدة.

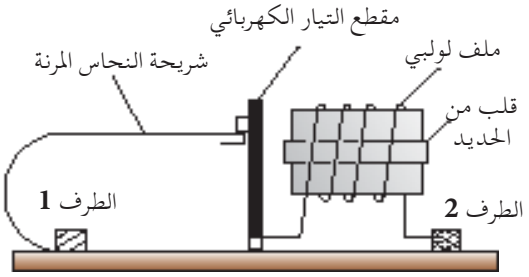
وعند تقريب مجال مغناطيسي لمغناطيس دائم أو لمغناطيس كهربائي من المفتاح الريشي، تتمغنط الشريحتان مؤقتًا، وينجذبا لبعضهما، ومن ثم يتم التلامس وتغلق الدائرة. ويُمكِّن ذلك الدائرة الخارجية التي يتصل بها المفتاح الريشي من أن تنشط.



شكل 5 – 39 المفتاح الريشي

4- قاطع الدائرة الكهربائية

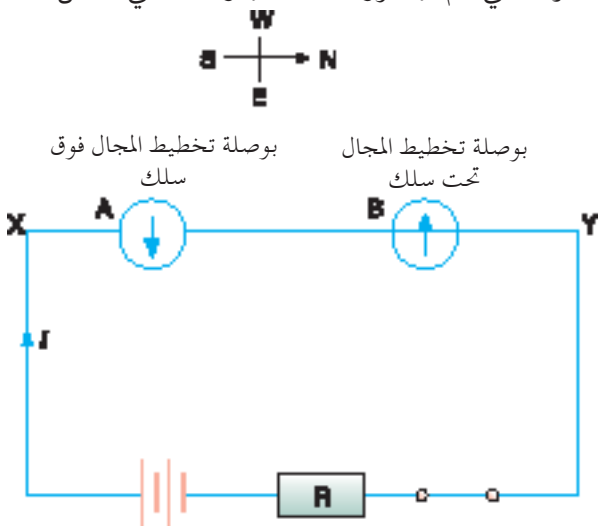
يبين شكل 5 – 40 قاطع دائرة كهربائية مصممًا لمنع التيار الكهربائي من السريان فيها عندما يكون زائدًا. يسري التيار بطول الشريحة النحاسية المرنة خلال مقطع التيار الكهربائي والملف اللولبي. ويجذب المغناطيس الكهربائي مقطع التيار الكهربائي إذا كان التيار كبيرًا بشكل كاف، ومن ثم تنقطع الدائرة.



شكل 5 – 40 قاطع الدائرة الكهربائية

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

يمكن إجراء نفس التجربة التي قام بها أورستيد بالجهاز المبين في شكل 5 – 41.



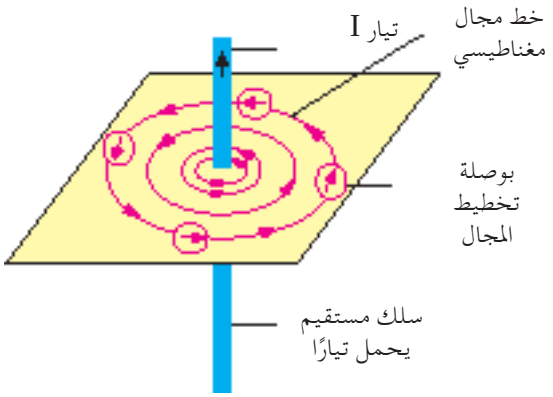
شكل 5 – 41 تجربة أورستيد

ينتج الموصِّل الكهربائي الحامل للتيار مجالًا مغناطيسيًّا.

يوضع السلك **XY** في اتجاه شمال – جنوب. وعند غلق الدائرة يسري تيار كهربائي عبر **XY**، وتنحرف بوصلة تخطيط المجال الموضوعة فوق السلك ثم تستقر مشيرة إلى الشرق كما في البوصلة **A**، وإذا وُضعت البوصلة تحت السلك كما في **B** تشير إلى الغرب. وتبين تلك التجربة أن مجالًا مغناطيسيًّا يتكون عند سريان تيار كهربائي خلال السلك.

أولاً نمط المجال المغناطيسي نتيجة مرور تيار كهربائي في سلك مستقيم

يمكن رسم نمط المجال المغناطيسي لسلك مستقيم يحمل تيارًا كهربائيًّا بواسطة بوصلة تخطيط المجال. ولإجراء ذلك يوضع سلك متجهًا لأعلى خلال ثقب صغير في ورقة مقواة أفقية، كما هو مبين في شكل 5 – 42، ثم توضع بعد ذلك البوصلة على البطاقة. وتكون خطوط المجال المغناطيسي الناتجة دوائر متحدة المركز حول السلك.

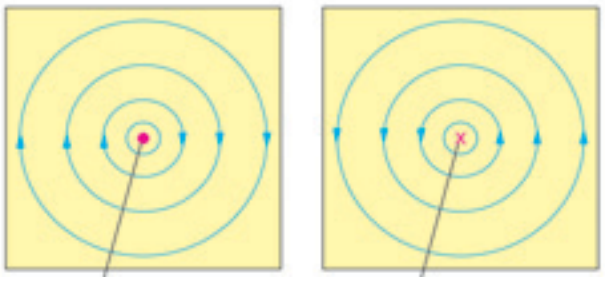


شكل 5 – 42 رسم خطوط المجال المغناطيسي الناتج عن سلك مستقيم يحمل تيارًا كهربيًّا

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

وللتنبؤ باتجاه المجال المغناطيسي حول الأسلاك، تستخدم قاعدة سهلة هي قاعدة قبضة اليد اليمنى الموضحة في شكل 5 – 43. اقبض على السلك بيدك اليمنى بحيث يشير إصبع الإبهام إلى اتجاه التيار. وتشير الأصابع لاتجاه المجال المغناطيسي حول السلك.

ماذا يحدث عند انعكاس اتجاه التيار؟ تستخدم قاعدة قبضة اليد اليمنى لأن اتجاه المجال المغناطيسي سوف ينعكس أيضًا (شكل 5 – 44).



سلك

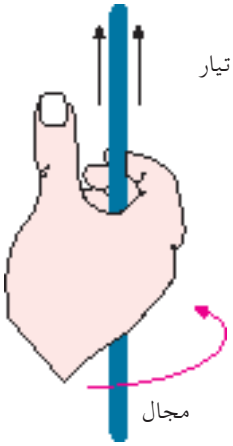
(أ) تبين نقطة في السلك التيار خارجًا من الورقة

سلك

(ب) تبين علامة **x** في السلك التيار الساري إلى الورقة

شكل 5 – 44

لاحظ في الشكلين 5 – 44 أ، ب رسم خطوط المجال المغناطيسي القريبة من الأسلاك أقرب لبعضها البعض. والغرض من ذلك توضيح أن قوة المجال المغناطيسي تكون أقوى عندما تكون أقرب إلى السلك، وتتناقص قوة المجال المغناطيسي مع بعدها عن السلك. ولهذا ترسم خطوط المجال المغناطيسي متباعدة عن بعضها البعض. وتعتمد أيضًا قوة المجال المغناطيسي على مقدار التيار المار عبر السلك. كلما كان التيار كبيرًا، كلما كانت قوة المجال المغناطيسي أكبر.



شكل 5 – 43 قاعدة قبضة اليد اليمنى

تكون قوة المجال المغناطيسي في سلك مستقيم طويل أقوى عندما :
- **تكون أقرب إلى السلك.**
- **يمر خلالها تيار أكبر.**

الفيض المغناطيس خلال مساحة ما :

(هو عدد خطوط القوى المغناطيسية التي تمر عمودياً عبر هذه المساحة)

ويرمز له بالرمز ϕ (فاي)

وحدة قياسه تسمى Wb (ويبر)

كثافة الفيض المغناطيسي (شدة المجال المغناطيسي) عند نقطة :

(تقدر بعدد خطوط القوى المغناطيسية التي تمر عمودياً خلال وحدة المساحات حول تلك النقطة)

ويرمز لشدة المجال المغناطيسي بالرمز (B)

وحدة قياسه $\frac{Wb}{m^2}$ أو T (تسلا)

$$\therefore B = \frac{\phi}{A}$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

✦لحساب شدة المجال المغناطيسي عند نقطة بالقرب من سلك مستقيم طويل يحمل تياراً كهربائياً من العلاقة الاتية :-

$$\therefore B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$$

حيث (μ_o) النفاذية المغناطيسية في الفراغ

$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}\ Hm^{-1}$

(r)هي بعد النقطة على محيط الدائرة

مثال محلول 5 – 1

أحسب شدة المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد 50mm عن سلك يحمل تياراً شدته 3A

المعطيات :

$r = 50mm$

$I = 3A$

$B = ?$

$$\therefore B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$$

$$\therefore B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3}{2\pi \times 50 \times 10^{-3}} = 1.2 \times 10^{-5}\ T$$

ثانيـاً : نمـط المجال المغناطيسـي بسـبب ملف مسـطح (ملف دائري) يحمل تيارًا كهربائيًّا :

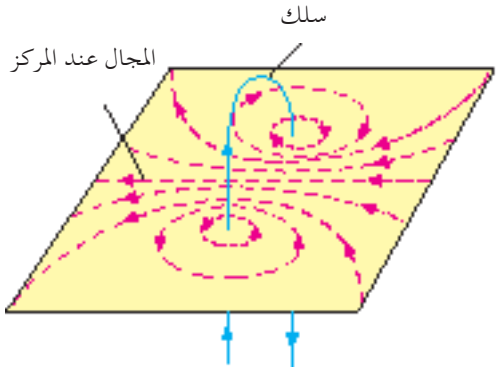
يمكن فحص نـمط المجال المغناطيسي الناتج عن سريان تيار عبر ملف مسطح بالجهاز المبين في شكل 5 – 45 .

إن أحد ملامح نـمط المجال المغناطيسـي للملف المسـطح هو أن قـوة المجال المغناطيسـي تكون أقـوى بطول باطن الملـف عما تكون خارجـه . ولهـذا تقـع خطوط مجـال مغناطيسـي أكثر لـكل وحدة مسـاحة علـى منطقة باطـن الملف . لاحظ كذلـك أن خطوط المجال عند المركز تكون مستقيمة، وتتعامد على السطح المسطح للملف .

ويمكـن زيادة قـوة المجال المغناطيسـي عند مركز الملف المسـطح بطريقتين :

(1) زيادة التيار .

(2) زيادة عدد لفات الملف المسطح .



شكل 5 – 45 المجال المغناطيسي نتيجة ملف مسطح

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

✦لحساب شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف دائري يحمل تيار كهربائي

$$B = \frac{\mu_o I N}{2 r}$$

حيث (N) عدد لفات الملف (r) نصف قطر الملف

مثال محلول 5 – 2

أحسب شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف دائري يمر به تيار شدته (0.2A) علماً بأن عدد لفـاته (100 لفه) ونصف قطره (10cm)

المعطيات :

$I = 0.2A$

$N = 100$ لفه

$r = 10cm$

$B = ?$

$$B = \frac{\mu_o I N}{2 r}$$

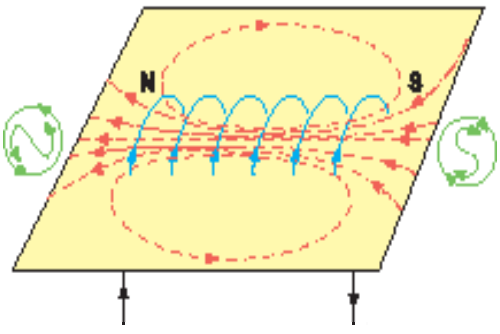
$$B = \frac{4 \pi \times 10^{-7}}{2 \times 10 \times 10^{-2}}$$

$$B = 1.256 \times 10^{-4} T$$

نمط مجال مغناطيسي لملف لولبي يحمل تيارًا كهربائيًّا

يماثل نـمط المجال المغناطيسـي للملف اللولبي مثيله للقضيب المغناطيسـي (شـكل 5 – 46)، وعليه نقول أن للملف اللولبي قطبين. وقدمت لك في الجزء 5 – 4 طريقتان للتنبؤ باتجاه المجال في ملف لولبي. الأولى هي قاعدة قبضة اليد اليمنى، والأخرى كما يلي :

يكـون طـرف الملـف قطبًا شـماليًّا إذا كان التيار يسـري فـي عكس اتجاه حركة عقارب الساعة، ويكون قطبًا جنوبيًّا إذا كان التيار يسري في اتجاه حركة عقارب الساعة.



شكل 5 – 46 مجال مغناطيسي نتيجة ملف لولبي

وعليـه يكـون الطرف الأيسـر للشـكل 5 – 46 قطبًـا شـماليًّا، بينما يكون الطرف الأيمن قطبًا جنوبيًّا.

المجـال المغناطيسـي أقـوى داخـل الملـف اللولبـي كمـا تبين خطـوط المجال المغناطيسـي الأقرب مـن بعضها البعض. وتبين أيضًا الخطـوط المتوازية للمجال أن قوة المجال المغناطيسي منتظمة تقريبًا داخل الملف اللولبي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ويمكن زيادة قوة المجال المغناطيسي عن طريق :

1- زيادة التيار الكهربائي .

2- زيادة عدد اللفات لكل وحدة طول في الملف اللولبي .

3- استخدام قلب من الحديد المطاوع داخل الملف اللولبي .

يُعتبر شكل 5 – 46 تكوينًا أساسيًّا للمغناطيس الكهربائي والذي له تطبيقات مفيدة كثيرة .

✦ لحساب شدة المجال المغاطيسي في ملف لولبي :

$$B = \frac{\mu I N}{L}$$

حيث : μ نفاذية القالب

I شدة التيار

L طول الملف

N عدد لفات الملف

مثال محلول 5 – 3

ملف لولبي قلبه هواء فيه (2000 لفه) طول الملف (600mm) وقطره (20mm) يمر به تيار شدته 5A ماهي شدة المجال المغناطيسي في الملف ؟

الحل :

المعطيات :

$N = 2000$

$L = 600\ mm$

$D = 20\ mm$

$I = 5\ A$

$B = ?$

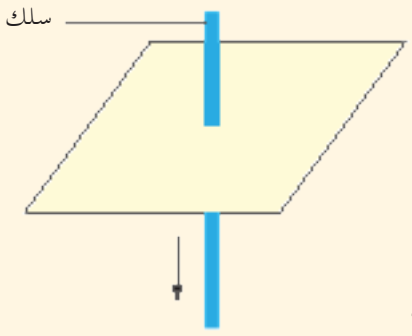
$$B = \frac{\mu I N}{L}$$

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 2000}{600 \times 10^{-3}}$$

$$B = 0.021T$$

أسئلة التقويم الذاتي

يسري تيار ثابت في سلك مستقيم طويل في الاتجاه الموضح في شكل 5 – 47 . ارسم نمط، واتجاه المجال المغناطيسي في الرسم التالي :

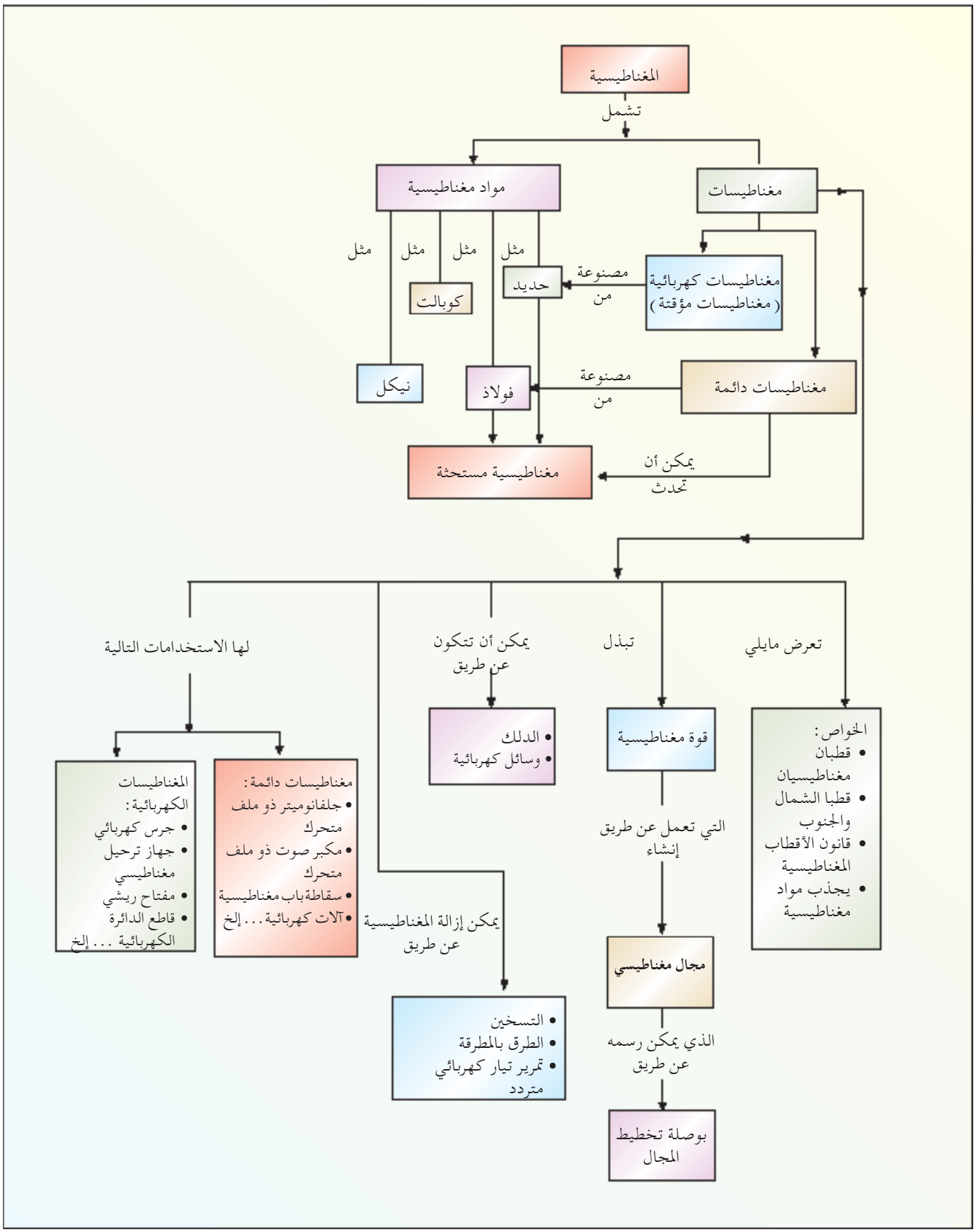


شكل 5 – 47

اذكر ثلاث طرق لزيادة قوة المجال المغناطيسي للملف اللولبي .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خريطة مفاهيم



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المهارة: تحديد الخصائص والمكونات

لقد تعلمت عن الجرس الكهربائي. ستحلل في هذا النشاط الأجزاء الرئيسة للجرس الكهربائي، وسترى تأثير وجود هذه الأجزاء الرئيسة وغيابها.

الجرس الكهربائي

الأجزاء

مصدر كهربائي ذو تيار مستمر	مغناطيس كهربائي	مقطع تيار كهربائي من الحديد المطاوع متصل بأحد طرفيه شريحة فلزية مرنة، وبالطرف الأخر مطرقة	مسمار التلامس

ما وظيفة كل جزء؟

ماذا سيحدث لو فُقِدَ كل جزء؟

الاستنتاج:

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التمرين الخامس

الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

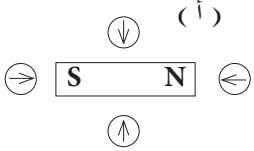
1- لن يجذب المغناطيس قطعة من
(أ) الزنك. (ب) الكوبالت.
(جـ) النيكل. (د) الفولاذ غيرالممغنط.

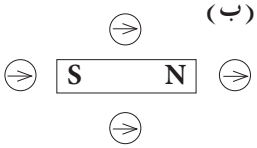
2- أي من العبارات التالية عن الخواص المغناطيسية للفولاذ تعتبر صحيحة؟
(أ) الفولاذ سهل إكسابه مغناطيسية، ويحتفظ بها لمدة طويلة.
(ب) الفولاذ سهل إكسابه مغناطيسية، ولكن يفقدها بسهولة.
(جـ) الفولاذ صعب إكسابه مغناطيسية، ولكن يحتفظ بها لمدة طويلة.
(د) الفولاذ صعب إكسابه مغناطيسية، ولكن يفقدها بسهولة.

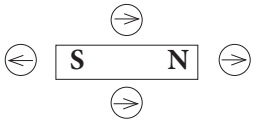
3- يُستخدم قضيب مغناطيسي كالمبين في الشكل للدلك على إبرة حياكة من الفولاذ في الاتجاه المبين بالرسم.

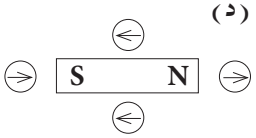
عندما تكون الإبرة معلقة بحرية، ويُجلب القطب الشمالي للمغناطيس بالقرب من الطرف **X**، فإن الطرف **X**
(أ) سينجذب للمغناطيس.
(ب) سيتحرك بعيدًا عن المغناطيس.
(جـ) سيبقى ثابتًا.
(د) سيتحرك إلى نقطة في اتجاه الشمال.

4- تستخدم بوصلات تخطيط المجال لرسم المجال المغناطيسي حول قضيب مغناطيسي ذي قطبين شمالي وجنوبي. أي من الرسومات التالية يبين بشكل صحيح نمط المجال المتوقع؟

(أ)


(ب)


(جـ)


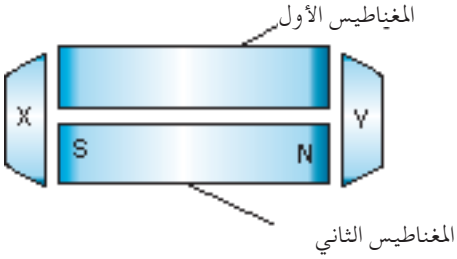
(د)


5- يستخدم الحديد في المغناطيسات الكهربائية لأنه
(أ) يسهل إكسابه مغناطيسية، ويفقدها بسرعة.
(ب) يسهل إكسابه مغناطيسية، ويحتفظ بها لمدة طويلة.
(جـ) موصِّل جيد للكهرباء، ويحتفظ بمغناطيسيته لمدة طويلة.
(د) مغناطيس قوى، يحتاج فقط تيارات كهربائية صغيرة جدًّا.

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

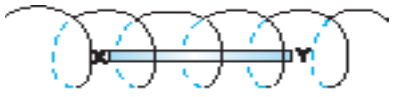
1- (أ) صف كيفية التفرقة بين المواد التالية:
قطعة من حديد مطاوع، قطعة من النحاس الأحمر، مغناطيس.
(ب) اذكر اسم مادتين غير مغناطيسيتين. واحدة مطاوعة، والأخرى صلبة.
(جـ) فرق بين المواد المغناطيسية المطاوعة والصلبة.

2- (أ) صف طريقة كهربائية وطريقة ميكانيكية لإكساب قضيب من الفولاذ مغناطيسية.
(ب) اذكر اسم ثلاث طرق لإزالة مغنطة المغناطيسات. كيف يمكن تعليل إزالة المغنطة بالنظرية المجالية للمغناطيسية؟
(جـ) يشيع تخزين القضبان المغناطيسية في أزواج كما هو موضح بالرسم.



اكتب اسم الفلز المستخدم في **X**، **Y** ثم بَيِّنْ على الرسم أقطاب المغناطيس الأول.

3- (أ) ميز بين المغناطيسات الدائمة،والمغناطيسات الكهربائية.
(ب) أكمل رسم الدائرة التالي المستخدم في إكساب قضيب صغير من الفولاذ **XY** مغناطيسية. اجعل الرسم يشمل منبع القدرة، وأي جهاز آخر مطلوب.



عين اتجاه سريان التيار الذي يجعل الطرف **Y** قطب جنوب مغناطيسي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

4– ملف دائري نصف قطره ($5cm$) وعدد لفاتــه(200 لفه) يمر به تيار كهربائي شدته ($2.0A$) أحسب شدة المجال المغناطيسي عند مركزه .

5– ملف لولبي قلبه هواء طوله ($50cm$) ونصف قطره $5cm$ يمر به تيار شدته ($10A$) ويحدث مجالاً مغناطيسا شدته ($0.1T$) أحسب عدد اللفات ثم أحسب طول سلك الملف .

6– سلك من النحاس طوله ($11m$)لف على شكل ملف لولبي من طبقة واحدة نصف قطره ($7cm$)وطوله ($20cm$) أوجد :

(أ) كثافة الفيض المغناطيسي على محور الملف عند مرور تيار شدته ($0.7A$) .

(ب) اذا وضع داخل الملف قلب من الحديد المطاوع معامل نفاذيته $2.2 \times 10^{-3} \frac{wb}{A.m}$

فما هي كثافة الفيض عند تلك النقطة .

7– سلك مستقيم طويل يمر به تيار كثافة الفيض المغناطيسي عند النقطة تبعد ($5cm$) من السلك هي ($16 \times 10^{-5}T$) أوجد شدة التيار المار فيه .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 6

القوة المؤثرة على موصل كهربائي في مجال مغناطيسي

Force on Conductor in a Magnetic Field

مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف

- ☐ تصف تجارب لتبين القوة المؤثرة على موصِّل يحمل تيارًا كهربيًّا، وعلى مجموعة من الجسيمات المشحونة كهربيًّا في مجال مغناطيسي، بما في ذلك أثر عكس:
  (1) التيار.
  (2) اتجاه المجال.
- ☐ تذكر الاتجاهات النسبية للقوة، والمجال، والتيار عندما تشكل كميتان بينهما زوايا قائمة معًا باستخدام قاعدة فليمنج لليد اليسرى.
- ☐ تفسر كيفية تعرض ملف يحمل تيارًا في مجال مغناطيسي لتأثير دوّار، وكيفية ازدياد ذلك التأثير بزيادة:
  (1) عدد اللفات في الملف،
  (2) التيار الكهربائي.
- ☐ تناقش كيفية استخدام التأثير الدوّار في حركة المحرك الكهربائي.
- ☐ تصف حركة عاكس تيار مشقوق الحلقة في محرك الملف الواحد ثنائي القطب، وتأثير لف الملف على أسطوانة من الحديد المطاوع.

لقد رأينا في الوحدة الخامسة كيفية صنع مغناطيس كهربائي بتمرير تيار كهربائي خلال ملف لولبي، وإنتاج التيار لمجالات مغناطيسية. وسنناقش بالتفصيل في هذه الوحدة القوة المؤثرة على موصِّل يحمل تيارًا كهربيًّا في مجال مغناطيسي، والتي تسمى أحيانًا *التأثير الحركي*.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ لبنان

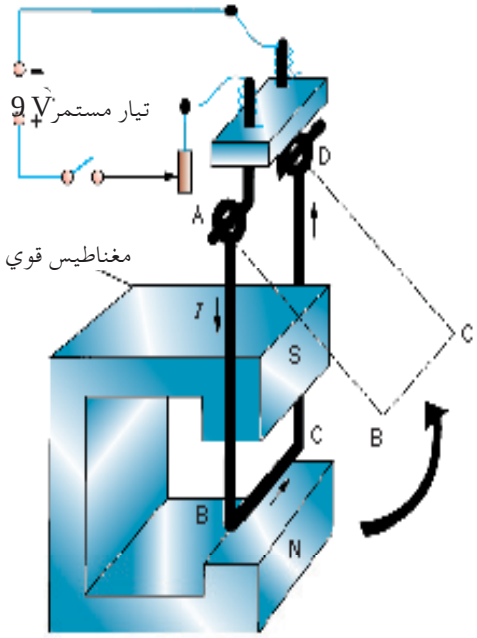
6 – 1 القوة المؤثرة على موصِّل يحمل تيارًا في مجال مغناطيسي

Force on Current-Carrying Conductor in a Magnetic Field

يمكن أن تعمل قوة ما على موصِّل كهربائي يحمل تيارًا عند وضعه في مجال مغناطيسي.

لقد رأينا في الوحدة الخامسة أن السلك الذي يحمل تيارًا كهربائيًّا يكون له مجالًا مغناطيسيًّا حوله. فإذا وضعنا هذا السلك في مجال مغناطيسي آخر، قد يتفاعل المجالان المغناطيسيان وينتجا قوة على السلك. ويسمى أحيانًا ذلك التأثير الحركي، ويبينه شكل 6 – 1.

يُعَلَّق سلك متأرجح بين قطبي مغناطيس على شكل حدوة حصان، ونلاحظ عند غلق الدائرة أن السلك يُلقَى بعنف خارج المجال المغناطيسي. ويمكن استنتاج تعرض السلك حامل التيار لقوة عند وضعه في مجال مغناطيسي.



شكل 6 – 1 بيان عملي يوضح قوة على موصِّل يحمل تيارًا في مجال مغناطيسي

تجربة 6 – 1

لاستقصاء القوة المؤثرة على موصِّل كهربائي يحمل تيارًا.

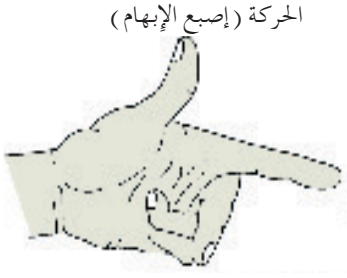
الأدوات: سلك قاس (سميك)، مغناطيس دائم قوي، مصدر كهربائي 9 V ذو تيار مستمر.

الإجراء:
1- إثن سلكًا سميكًا ABCD على شكل أرجوحة كما في شكل 6 – 1.
2- ضع المغناطيس فوق السلك BC كما في الشكل.
3- مرِّر التيار، وراقب الاتجاه الذي يتأرجح فيه السلك.
4- اعكس اتجاه التيار بتحويل قطبية العمود الجاف. في أي اتجاه تُقذف الأرجوحة الآن؟

المشاهدات:
1- حين يسري التيار في الاتجاه A→B→C→D، يلاحظ أن السلك يتأرجح بعيدًا عن المغناطيس (أي للخارج).
2- إذا عُكس التيار سيُعكس تأرجح السلك (أي للداخل).

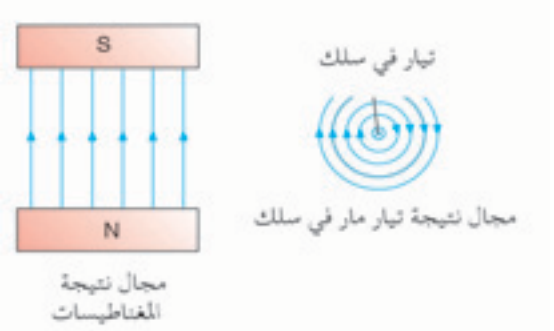
نشاهد في التجربة 6 – 1 أن الأرجوحة تُقذف خارج المجال المغناطيسي عند سريان تيار خلال السلك BC. ونستنتج أن قوة ما تعمل على السلك حامل التيار عند وضعه في مجال مغناطيسي. **وتعمل القوة بزوايا قائمة مع كل من اتجاه التيار، واتجاه المجال المغناطيسي.** ونلاحظ أيضًا أنه عند عكس التيار، تنعكس القوة كذلك على السلك.

ويمكن بسهولة استنتاج اتجاه القوة على السلك الحامل للتيار بواسطة **قاعدة فليمنج لليد اليسرى.** وجِّه إصبع الإبهام، والسبابة، والإصبع الوسطى لِيُكوِّنوا زوايا قائمة معًا كما في شكل 6 – 2. وجِّه السبابة في اتجاه المجال المغناطيسي (قطب شمال إلى قطب جنوب)، ووجِّه الإصبع الوسطى في اتجاه التيار. ومن ثم يشير الإبهام إلى اتجاه حركة السلك.

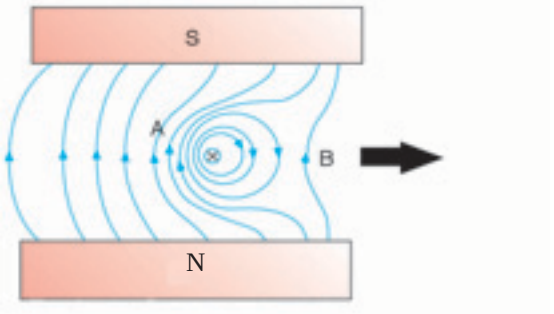


شكل 6 – 2 قاعدة فليمنج لليد اليسرى

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا



شكل 6 – 3 (أ) مجالات مغناطيسية نتيجة مغناطيس، وتيار مار في سلك



شكل 6 – 3 (ب) مجال مغناطيسي موحد

تساعدنا قاعدة فليمنج لليد اليسرى في التنبؤ فقط باتجاه الحركة أو القوة. ولتفسير وجود قوة في سلك يحمل تيارًا عند وضعه في مجال ما يجب فحص المجالات المغناطيسية الموحدة نتيجة السلك والمغناطيس. ويبين شكل 6 – 3 (أ) المجال المغناطيسي نتيجة المغناطيس، والمجال المغناطيسي نتيجة التيار الساري خلال سلك بشكل مستقل، بينما يبين شكل 6 – 3 (ب) المجال المغناطيسي الموحد عند وضع السلك بين قطبي المغناطيس.

ونرى مجالًا أقوى على أحد جوانب السلك عند A، ويكون المجال المغناطيسي عند B أضعف. ومن ثم تعمل قوة على السلك في الاتجاه من المجال الأقوى إلى المجال الأضعف كما يبينه السهم في شكل 6 – 3 (ب). يعتبر مكبِّر الصوت ذو الملف المتحرك أحد التطبيقات المفيدة للقوة على موصِّل كهربائي يحمل تيارًا في مجال مغناطيسي.

العوامل التي تتوقف عليها القوة المؤثرة على سلك يحمل تيارا كهربائاً وموضوع عموديا على في مجال مغناطيسي:

1 – طول السلك (L) :–

القوة تتناسب طرديا مع طول السلك.

أي أن $F \propto L$ ــــــــــ ①

2 – شدة التيار (I) :–

القوة تتناسب طرديا مع شدة التيار المار في السلك .

أي أن $F \propto I$ ــــــــــ ②

3 – كثافة الفيض المغناطيسي (ρ) :–

القوة تتناسب طرديا مع شدة المجال المغناطيسي.

أي أن $F \times \rho$ ــــــــــ ③

$$F \propto \rho I L$$

$$F = K \rho I L$$

حيث K مقدار ثابت = 1

ويسمي بقانون أمبير

$$\therefore F = \rho I L$$

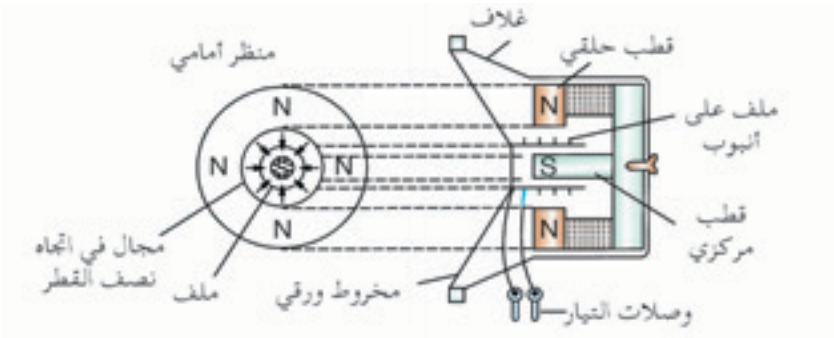
حيث L تقاس بـ (m)

I تقاس بـ (A)

ρ تقاس بـ (T)

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مكبر الصوت ذو الملف المتحرك



شكل 6 – 4 تركيب مكبِّر الصوت ذي الملف المتحرك

يكـون للمغناطيـس الدائـم المسـتخدم في مكبِّـر الصوت ذي الملـف المتحرك قطب أسـطواني مركزي (فـي هذه الحالة قطب جنوب) وقطب حلقي محيط (في هذه الحالة قطب شـمال) لخلـق مجال مغناطيسـي قوي في اتجاه نصـف القطر في الفراغ بين القطبين .

وعنـد مرور تيار متـردد خلال الملف، تنتج قوة تدفع الملف للأمام وللخلف خلال مسافة قصيرة .

وبربـط مخـروط ورقـي بالملـف، تتحـرك جزيئـات الهـواء أمامهمـا في أثناء اندفاعهما للأمام والخلف، مما يطلق موجات صوتية في الهواء .

مثال محلول 6 – 1

أحسـب القوة التى تؤثر على سـلك طوله (15cm) يمر به تيار شـدته (0.255A) عندما كان السلك عمودياً على مجال مغناطيسي شدته (0.3T)

الحل :

المعطيات :

$L = 15cm$

$= 15 \times 10^{-2} m$

$I = 0.25\ A$

$\rho = 0.3\ T$

$F = \rho IL$

$F = 0.3 \times 0.25 \times 15 \times 10^{-2}$

$F = 1.125 \times 10^{-2}\ N$

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) تُعكـس أقطـاب المغناطيسـات فـي شـكل 6 – 1 حتـى ينعكـس اتجاه المجال المغناطيسـي، ماذا يُشـاهَد عند سريان التيار في الاتجاه A→B→C→D؟

(ب) حـدد تحول (تحـولات) الطاقة الحادث (الحادثة) في مكبِّر الصوت ذي الملف المتحرك .

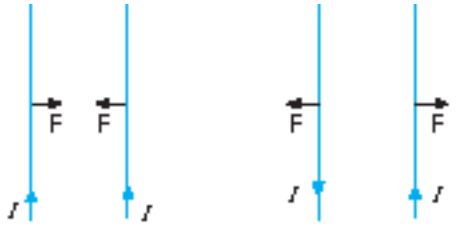
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

6-2 القوة بين سلكين متوازيين يحملان تيارًا كهربائيًّا «اختياري»

Force between Two Parallel Current-Carrying Wires (Optional)

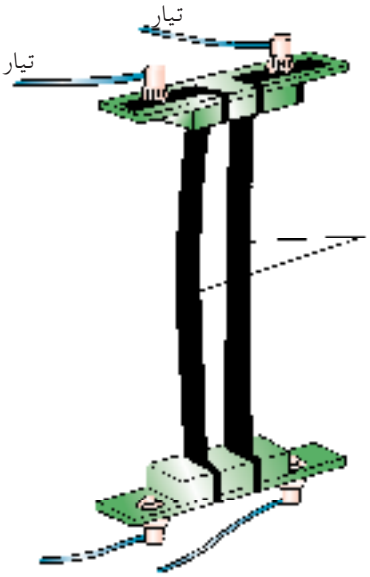
عند وضع سلكين يحملان تيارًا كهربيًّا بالتوازي لبعضهما البعض، نتوقع تفاعل المجالات المغناطيسية نتيجة كل سلك، وأن تعمل قوة على كل منهما. وشكل 6 – 6 بيان عملي يبين القوى بين شريحتين متوازيتين من الألومنيوم يمر في كل منهما تيار كهربائي.

وعند سريان التيارات في اتجاهات معاكسة، تتنافر الشرائح (شكل 6 – 5(أ)). وعند سريان التيارات في نفس الاتجاه، تتجاذب الشرائح (شكل 6 – 5 (ب)). وباختصار تتنافر التيارات غير المتماثلة، وتتجاذب التيارات المتماثلة.



(أ) تتنافر التيارات غير المتماثلة (ب) تتجاذب التيارات المتماثلة

شكل 6 – 5 القوة بين موصّلات متوازية



شكل 6 – 6 بيان عملي للقوى بين موصِّلين كهربيين يحملان تيارًا كهربيًّا

ولتفسير وجود قوة تعمل على كل من الأسلاك المتوازية، ننظر إلى المجال المغناطيسي الموحد نتيجة السلكين. ويبين الشكلان 6 – 7 (أ)، (ب) كيفية توحيد المجالات المغناطيسية لسلكين متوازيين بتيارات تسري في اتجاهات متعاكسة، وفي نفس الاتجاهات على التوالي. ويمكن إيجاد نمط المجال المغناطيسي لسلك يحمل تيارًا بتطبيق قاعدة قبضة اليد اليمنى.

تتجاذب التيارات المتماثلة.
تتنافر التيارات غير المتماثلة.

شكل 6 – 7 (أ) توحيد مجالات مغناطيسية نتيجة تيارات في اتجاهات معاكسة

تحدٍّ

ما التأثيرات التي ستلاحظ إذا وُضع موصلان كهربيان يحملان تيارًا بشكل متعامد على بعضهما البعض؟ فسِّر ذلك.

شكل 6 – 7 (ب) توحيد مجالات مغناطيسية نتيجة تيارات في نفس الاتجاه.

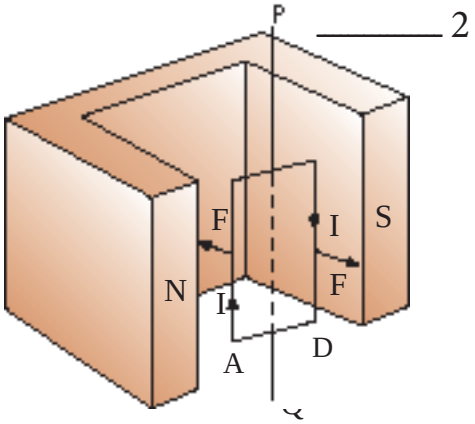
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا

6–3 القوة المؤثرة على ملف مستطيل الشكل يحمل تيارًا في مجال مغناطيسي

Force on a Current-Carrying Rectangular Coil in a Magnetic Field

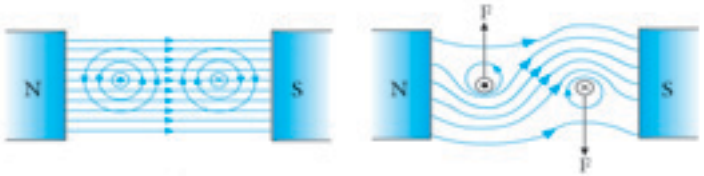
سيتعرض ملف مستطيل الشكل يحمل تيارًا في مجال مغناطيسي لقوة دوّارة.

إذا وضعنا ملفًّا مستطيلًا من سلك نحاسي (على سبيل المثال ملف ABCD في شكل 6 – 8) بين قطبي مغناطيس قوي، ثم مررنا تيارًا خلال الملف، سنكتشف وجود قوة دوّارة على الملف المستطيل. عند مرور التيار في الملف ABCD في اتجاه حركة عقارب الساعة، يتعرض الملف لعزم دوّار في اتجاه حركة عقارب الساعة حول المحور PQ. لماذا يحدث ذلك؟



شكل 6 – 8 يتعرض ملف مستطيل الشكل يحمل تيارًا لقوة دوّارة

يمكننا مرة ثانية تحليل ذلك الموقف بالنظر إلى المجالات المغناطيسية الموحدة نتيجة الملف والمغناطيسات. ويبين شكل 6 – 9(أ) منظرًا علويًّا لملف مستطيل الشكل. ستتولد قوة تعمل على أحد جوانب السلك AB بينما تعمل القوة على السلك CD على الجانب الآخر (هل يمكن أيضًا التنبؤ بذلك من قاعدة فليمنج لليد اليسرى؟).



(أ) مجال موحد (ب) مجالات فردية

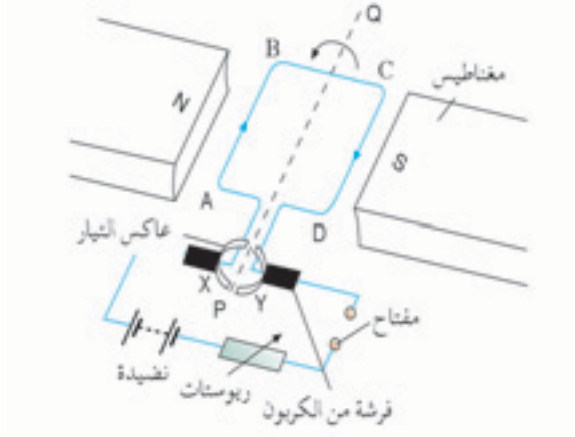
شكل 6 – 9 مجال مغناطيسي موحد لملف مستطيل الشكل

وتنتج هاتان القوتان تأثيرًا دوّارًا يمكن رؤيته من الطرف المنظور، يدير الملف في اتجاه حركة عقارب الساعة. إن لهذا التأثير الدوّار على ملف سلك تحمل تيارًا تطبيق مهم جدًّا – محرك التيار المستمر، والذي يُستخدم بشكل شائع في السيارات اللعبة. ويوجد كذلك محرك التيار المتردد والذي يُستخدم في أجهزة كهربائية كثيرة منها على سبيل المثال المراوح الكهربائية، ومجففات الشعر، والغسالات الكهربائية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

محرك التيار المستمر

يبين شكل 6 – 10 تركيب محرك بسيط يعمل بالتيار الكهربائي المستمر.



شكل 6 – 10 محرك التيار المستمر

تم تركيب ملف السلك ABCD مستطيل الشكل على محور (يمثله الخط المنقط PQ) والذي يسمح لها بالدوران حول خط المحور PQ.

وتتصل أطراف السلك بحلقة مشقوقة X، Y أو عاكس تيار. ويدور العاكس مع الملف وتضغط الفرشتان الكربونيتان برفق على العاكس.

وكما رأينا في الجزء 6 – 3، عند سريان التيار خلال الملف ABCD، تعمل قوة متجهة لأسفل على الجانب الأيسر AB، وقوة متجهة لأعلى على الجانب الأيمن CD. ويدور عندئذ الملف في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة حول خط المحور PQ حتى تصل إلى الوضع الرأسي. ويصبح الآن التيار مفصولًا ولكن قوة دفع الملف تحملها لتتعدى الوضع الرأسي. إن ذلك يعكس التيار في ذراع السلك CD وتعمل الآن عليه قوة لأسفل. وتعمل في نفس الوقت قوة لأعلى على ذراع السلك الآخر AB. وعليه يستمر الملف في الحركة عكس اتجاه عقارب الساعة. إن غرض عاكس التيار عندئذ هو عكس اتجاه التيار في الملف كلما غير عاكس التيار الاتصال من فرشة إلى أخرى. يضمن ذلك دوران الملف دومًا في اتجاه واحد.

ولزيادة التأثير الدوّار على الملف السلك، يمكننا

1- زيادة عدد اللفات في ملف السلك.
2- زيادة التيار.
3- وضع قلب من الحديد المطاوع داخل خطوط المجال المغناطيسي.

ولهذا يشيع صنع الملف في محركات التيار المستمر العملية من مئات من لفات سلك، ووجود قلب من الحديد المطاوع في مركزها.

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) اشرح الغرض من الريوستات في محرك التيار المستمر.

(ب) اذكر تحول الطاقة الحادث في محرك التيار المستمر.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

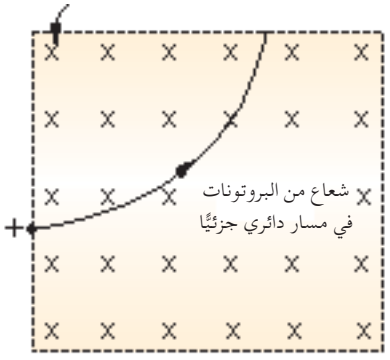
6 – 4 القوة المؤثرة على شحنة متحركة في مجال مغناطيسي

Force on a Moving Charge in a Magnetic Field

تعلمنا في الجزء 6 – 1 أن السلك الحامل للتيار يتعرض لقوة ما عند تعامده على المجال المغناطيسي. ونتذكر كذلك أن التيار هو في الواقع، سريان شحنات كهربائية، أي إلكترونات حرة في السلك. وسنفحص في هذا الجزء تأثير المجال المغناطيسي على الشحنات المتحركة.

تمثل علامات× في شكل 6 – 11 منطقة المجال المغناطيسي. ويكون اتجاه المجال المغناطيسي إلى داخل الورقة.

تمثل علامات × مجالًا مغناطيسيًّا موجَّهًا إلى داخل الورقة

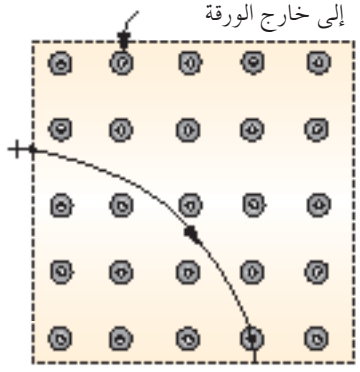


شكل 6 – 11 ينحرف شعاع من البروتونات ليتحرك في مسار دائري في مجال مغناطيسي

وعند دخول شعاع من الشحنات الموجبة مثل البروتونات منطقة المجال المغناطيسي، ينحرف ليتحرك في مسار دائري، وذلك لأن الشحنات المتحركة تتعرض لقوة متعامدة على سرعتها الاتجاهية. ويمكن التنبؤ باتجاه تلك القوة بواسطة قاعدة فليمنج لليد اليسرى وبافتراض أن التيار في اتجاه شعاع الشحنات الموجبة.

يدخل شعاع البروتونات في شكل 6 – 12 منطقة المجال المغناطيسي الموجه نحو خارج الورقة، فينحرف لأسفل.

تمثل النقاط مجالًا مغناطيسيًّا موجَّهًا إلى خارج الورقة



شكل 6 – 12 ينحرف شعاع البروتونات لأسفل عندما ينعكس المجال المغناطيسي

تحد

- ارسم مسار شعاع إلكترونات يدخل المجالات المغناطيسية في شكلي 6 – 11، 6 – 12.
- ماذا تعتقد أن يكون تأثير المجال المغناطيسي على شحنة كهربائية ثابتة؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

حساب القوة المغناطيسية المؤثرة على شحنة تتحرك في مجال مغناطيسي في إتجاه عمودي عليه .

بتطبيق قانون أمبير

$$F = \rho I L$$

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$L = vt$$

$$F = \rho \times \frac{Q}{t} \times vt$$

$$F = \rho Q v$$

مثال محلول 6 – 2

أحسب القوة التى تؤثر على الكترون يتحرك بسرعة مقدارها $(5 \times 10^6 \text{ m/s})$ عمودياً على مجال مغناطيسي شدته (0.4T) علماً بأن شحنة الالكترون $(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$ ؟

الحل :

$$V = 5 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$\rho = 0.4 \text{ T}$$

$$Q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

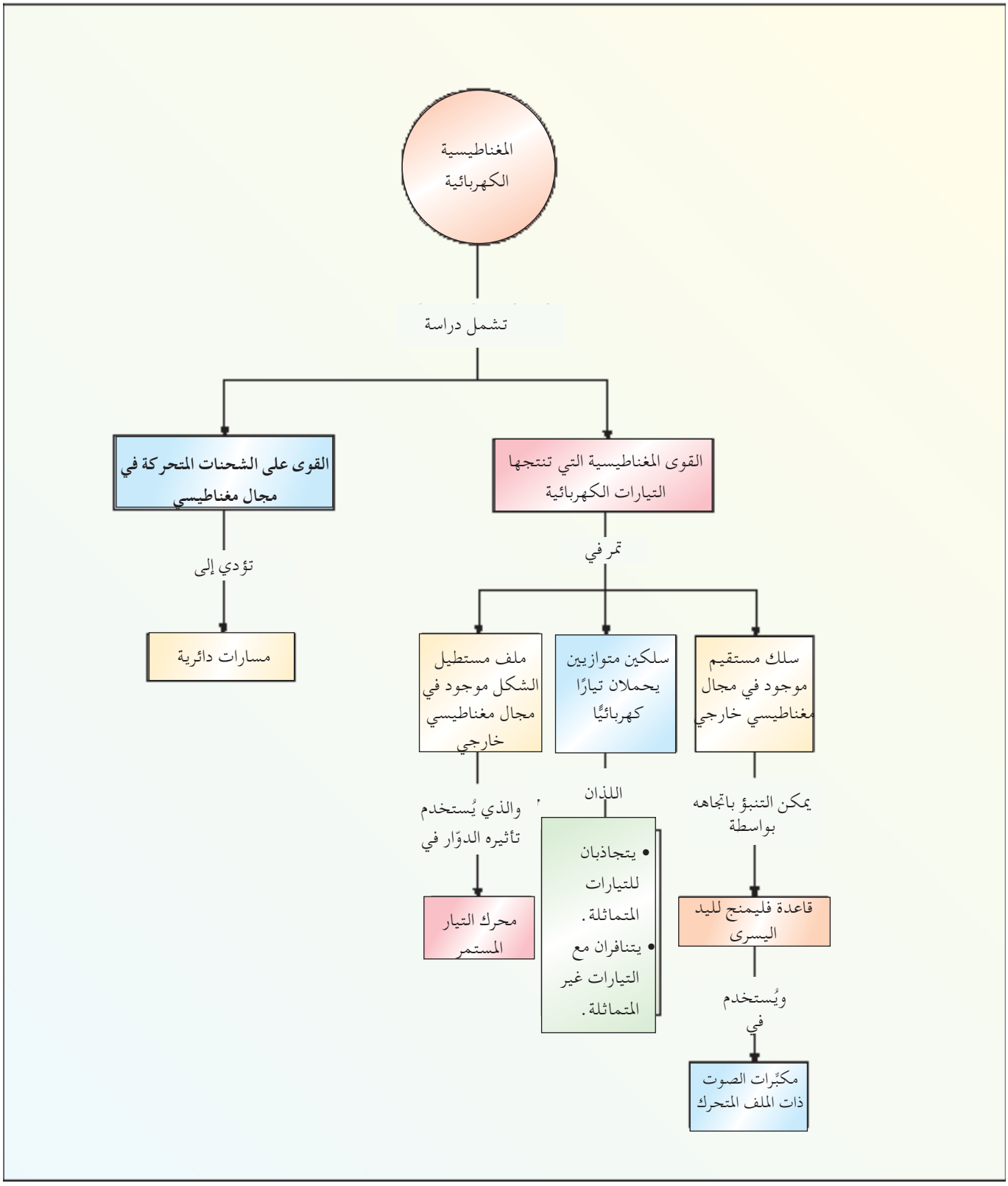
$$F = \rho Q v$$

$$F = 0.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^6$$

$$F = 3.2 \times 10^{-13} \text{ N}$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خريطة مفاهيم



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المهارة: تحديد الخواص والمكونات

لقد درست محرك التيار المستمر. ستحلل في هذا النشاط أجزاء ووظائف محرك التيار المستمر لترى ما إذا كانت جميع أجزائه ضرورية.

الغرض: لمعرفة أجزاء ووظائف محرك التيار المستمر

محرك التيار المستمر

الأجزاء

ما وظيفة كل جزء؟

ماذا سيحدث إذا فُقِدَ كل جزء؟

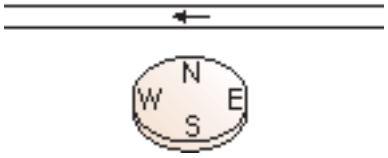
الاستنتاج:

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

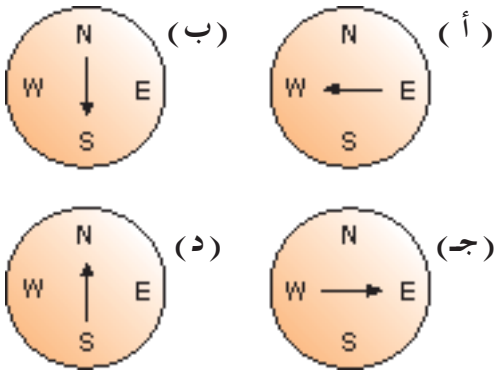
التمرين السادس

الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

1 – يبين الرسم التالي سلكًا مستقيمًا يحمل تيارًا في اتجاه السهم المرسوم. ووُضعت بوصلة تخطيط المجال تحت السلك مباشرة.



أي مما يلي يوضح الاتجاه الصحيح لإبرة البوصلة؟



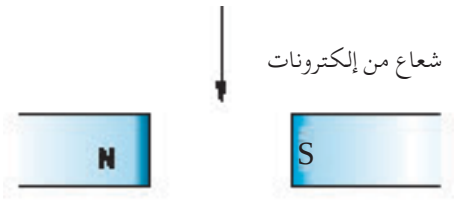
2 – يبين الشكل التالي شعاعًا من إلكترونات يدخل مجالًا مغناطيسيًا ناشئًا عن قطبين مغناطيسيين. ما المسار التالي للإلكترونات في المجال المغناطيسي؟

(أ) مسار قطع مكافئ نحو S.

(ب) مسار دائري نحو N.

(جـ) مسار دائري في الاتجاه إلى داخل الورقة.

(د) مسار مستقيم لأسفل.



3 – في محرك التيار المستمر، يضمن عاكس التيار الحلقي المشقوق أن:

(أ) اتجاه التيار في الملف، ينعكس بعد كل نصف دورة.

(ب) سريان التيار في الملف يكون ثابتًا.

(جـ) التيار في الملف يشكل زاوية قائمة مع المجال المغناطيسي.

(د) الأسلاك التي تحمل التيار في الملف لاتتشابك.

4 – ما وظيفة أسطوانة الحديد المطاوع الموضوعة بين الأقطاب المنحنية للمغناطيس في محرك التيار المستمر؟

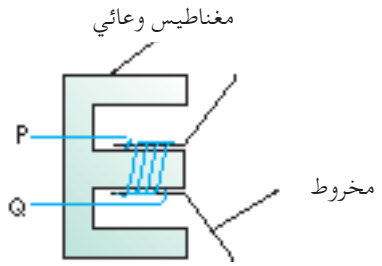
(أ) تقليل القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف.

(ب) تُمكِّن الملف من الدوران في اتجاه واحد.

(جـ) زيادة القوة التي تعمل على الملف.

(د) تقليل كفاية المحرك.

5 – يبين الرسم مكبِّر صوت ذا ملف متحرك.



ماذا يحدث عندما تُغَذَّى الأسلاك P، Q بتيار متغير؟

(أ) تُحَثّ قوة دافعة كهربائية تجعل المخروط يهتز.

(ب) يكتسب الملف مغناطيسية ولذلك يجذب، وينفر المخروط بالتناوب.

(جـ) توجد قوة أفقية متغيرة على الملف تجعله والمخروط يهتزان.

(د) يُولِّد الملف صوتًا عاليًا استجابة للتيار المتغير.

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

1 – (أ) صف مع الرسم المناسب نمط المجال المغناطيسي نتيجة مرور تيارات في

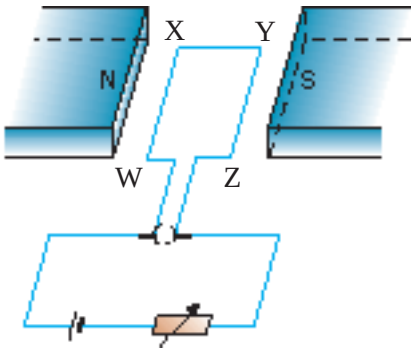
(1) سلك مستقيم طويل، (2) ملف لولبي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

(ب) صف التأثير على المجال المغناطيسي الناتج عن تغيير قيمة التيار الكهربائي.

2 – صف تطبيقات التأثير المغناطيسي لتيار كهربائي في: (أ) جرس كهربائي. (ب) مرحِّل.
اذكر المادة الشائع استخدامها كمغناطيس كهربائي في جميع تلك التطبيقات. لماذا تعتبر اختيارًا ملائمًا؟

3 – (أ) اذكر قاعدة فليمنج لليد اليسرى.



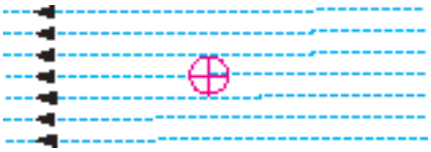
(ب) اذكر بيانات الأجزاء التالية على الرسم.
(1) عاكس تيار حلْقِي مشقوق.
(2) فرشات كربونية.
ما وظائف (1)، (2)؟

اذكر مستخدمًا قاعدة فليمنج لليد اليسرى ما إذا كان الملف المستطيل سيدور في اتجاه حركة عقارب الساعة أو في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة برسم القوى التي تعمل على الأذرع WX، YZ على نفس الشكل.

4 – صف تجارب تبين القوة التي تعمل بين سلكين متوازيين قريبين من بعضهما ويحتويان تيارات متساوية تسري:
(أ) في نفس الاتجاه. (ب) في اتجاهات معاكسة.
اذكر القاعدة المطبقة في هذا الموقف لإيجاد اتجاه القوة.

5 – اشرح مع الرسم والبيانات عمل مكبِّر الصوت ذي الملف المتحرك. لماذا يكون المخروط ضرورياً؟ ناقش تأثير وضع مكبِّر الصوت في فراغ.

6 – يبين الرسم منظرًا أماميًّا لسلك نحاسي يمر بطوله تيار كهربائي إلى داخل الورقة. ويوضع السلك متعامدًا على الورقة، ويشكل زاوية قائمة مع مجال مغناطيسي منتظم في الاتجاه الذي تبينه الأسهم على خطوط المجال.



عند سريان التيار خلال السلك، تعمل قوة عليه نتيجة تأثير المجال المغناطيسي على التيار الكهربائي. ارسم سهمًا على الشكل يبين الاتجاه الذي تعمل فيه القوة.
اقترح عاملين يؤثران على مقدار القوة.

7 – تأثر الكترون بقوة مقدارها (8×10^{-14} N) عندما تحرك بسرعة مقدارها (5×10^{5} m/s) عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم أحسب شدة ذلك المجال.

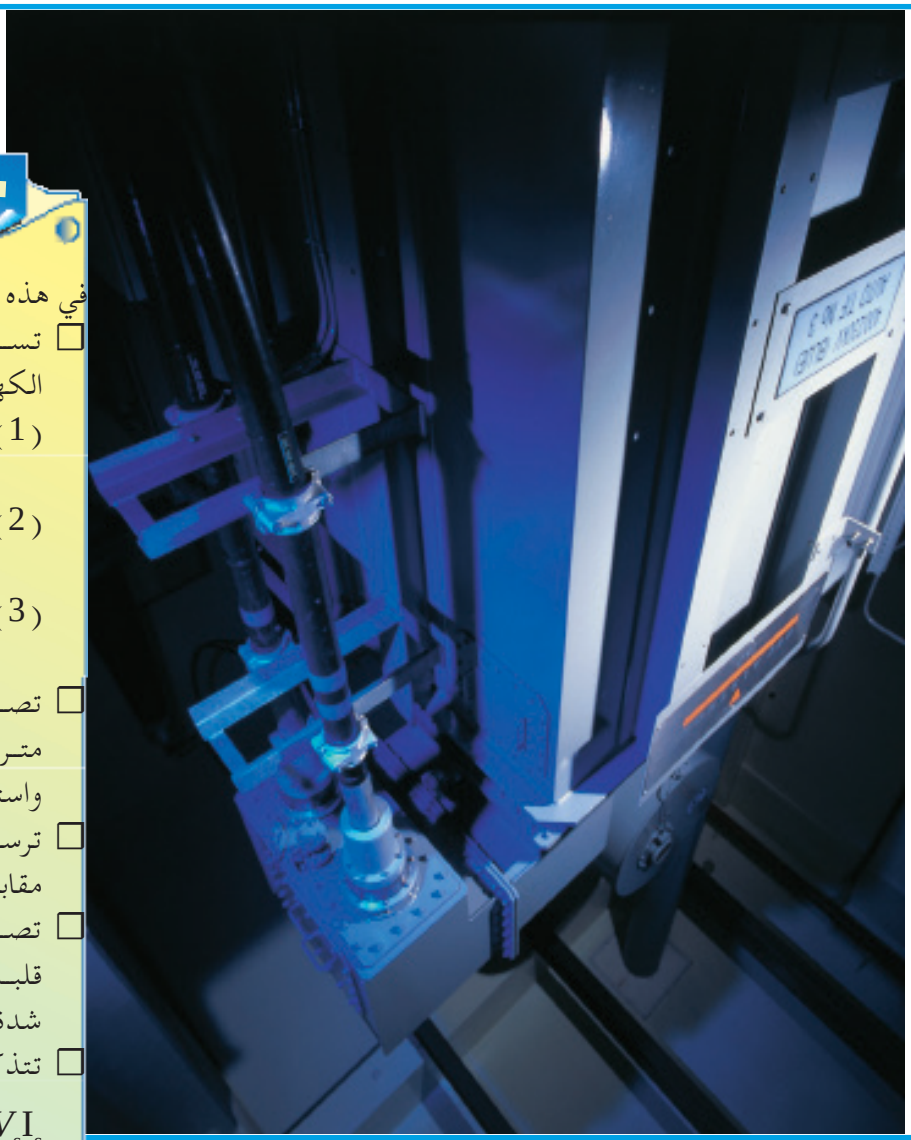
8 – سلك يمر به تيار شدته (4A) وضع في مجال مغناطيسي شدته (5×10^{-5} T) عمودياً عليه فتأثر بقوة مقدارها (1×10^{-4} N) أوجد طول السلك.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 7

التأثيرات الكهرومغناطيسية

Electromagnetic Effects



كان يُعْتَقد في الماضي أن الكهرباء والمغناطيسية مجالان علميان مختلفان تمامًا. وأوضح عالم الفيزياء الدنماركي هانز كريستيان أورستيد في تجربة بسيطة أن الكهرباء والمغناطيسية مرتبطان في الحقيقة تمامًا، ويمكن لأحدهما إنتاج الآخر، وبذلك ظهر إلى الوجود مصطلح الكهرومغناطيسية. سترى في هذه الوحدة أنه يمكن أن يكون للتيار الكهربائي الخواص المغناطيسية للمغناطيس.

لقد رأينا في الوحدة الخامسة تطبيقًا للكهرومغناطيسية في المغناطيس الكهربائي. وسندرس تطبيقين آخرين للكهرومغناطيسية – مولد التيار المتردد، والمحوِّل الكهربائي.

مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف:

- تستنبط من تجارب فاراداي عن الحث الكهرومغناطيسي أو من تجارب أخرى مناسبة:
  (1) إمكانية حث مجال مغناطيسي متغير لقوة دافعة كهربائية في دائرة.
  (2) تعارض اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة مع التغير المنتج لها.
  (3) العوامل التي تؤثر على مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة.
- تصف شكلًا بسيطًا لمولد كهربائي ذي تيار متردد (ملف دوّار أو مغناطيس دوّار)، واستخدام حلقات الانزلاق (حيث الحاجة).
- ترسم العلاقة البيانية لخرج الجهد الكهربائي مقابل الزمن لمولد كهربائي بسيط لتيار متردد.
- تصف تركيب ومبدأ تشغيل محوِّل بسيط قلبه من الحديد، كما يستخدم في تحويلات شدة الجهد.
- تتذكر المعادلات $V_p / V_s = N_p / N_s$، $V_p I_p = V_s I_s$ (للمحوِّل النموذجي).
- تطبق العلاقات بين I_s ، I_p، N_s، N_p، V_s، V_p على مواقف جديدة أو لحل مشكلات ذات صلة.
- تصف فقد القدرة في الموصلات، وتستنبط مميزات نقل الجهد العالي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

7 – 1 الحث الكهرومغناطيسي

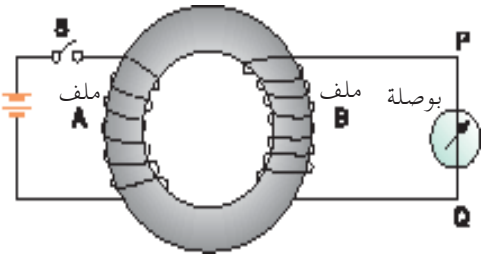
Electromagnetic Induction

أجرى في عام 1831 البريطاني ميشيل فاراداي تجربتين بَيَّنَتا كيفية الحصول على الكهرباء من المغناطيسية. لقد أوضح أن المجال المغناطيسي المتغير يمكن أن يحث قوة دافعة كهربائية، تدفع تيارًا مستحثًّا خلال دائرة مغلقة. وتُعرف ظاهرة حث قوة دافعة كهربائية في دائرة نتيجة مجال مغناطيسي متغير بالحث الكهرومغناطيسي.

تجارب فاراداي

(1) تجربة الحلقة الحديدية لفاراداي

استخدم فاراداي ملفين من سلك نحاسي معزول ملفوفين حول حلقة من حديد مطاوع (شكل 7 – 1). وتم توصيل طرفي الملف A بمفتاح S بحيث ينشيء التيار المار في الملف A مجالًا مغناطيسيًّا في حلقة الحديد المطاوع عند قفل المفتاح S. أما بالنسبة للملف B، فوضعت بوصلة تحت السلك PQ.



حلقة من الحديد

شكل 7 – 1 تجربة الحلقة الحديدية لفاراداي

لاحظ فاراداي أن إبرة البوصلة لم تنحرف إلا عند غلق المفتاح S وفتحه. ولم يظهر أي انحراف عندما كان التيار الواصل للملف A ثابتًا.

استنتج فاراداي من تلك التجربة أن التيار لا يمر في الملف B إلا عند فتح وقفل التيار في الملف A. ويسمى مثل ذلك التيار في الملف B تيارًا **مستحثًّا**. ولا ينشأ التيار المستحث في الملف B إلا عند حدوث تغيير في المجال المغناطيسي في الحلقة التي تربط الملف B.

يزيد المجال المغناطيسي الناتج عن التيار في الملف A من صفر إلى الدرجة العظمى عند تشغيل التيار، ويتناقص من الدرجة العظمى إلى صفر عند إيقافه. وعندما يكون التيار ثابتًا لا يتغير المجال المغناطيسي.

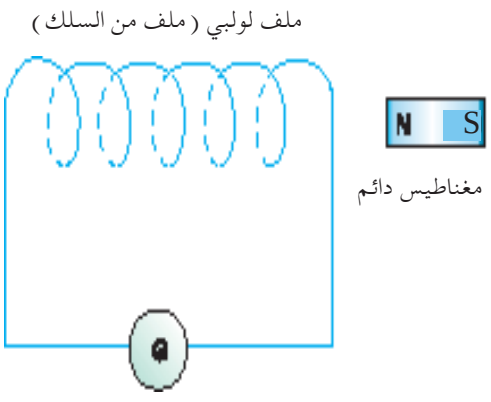
أدت تجربة الحلقة الحديدية إلى إنشاء محوِّلات مفيدة جدًّا في نقل القدرة الكهربائية، وأيضًا في تنظيم الجهد للتشغيل الصحيح للأجهزة الكهربائية. وسيتناول الجزء 7 – 3 من هذه الوحدة مبدأ التشغيل التفصيلي للمحوِّلات العصرية.

الحث الكهرومغناطيسي ظاهرة حث قوة دافعة كهربائية في دائرة كهربائية نتيجة مجال مغناطيسي متغير.

(2) تجربة الملف اللولبي لفاراداي

وضع فاراداي مغناطيسًا دائمًا داخل ملف لولبي متصل بجلفانوميتر حساس، ولاحظ أن إبرة الجلفانوميتر تنحرف في اتجاه واحد. وعندما سحب المغناطيس انحرفت إبرة المغناطيس في الاتجاه المعاكس.

وجد أيضًا أن الحركة النسبية فقط بين الملف اللولبي والمغناطيس تستحث قوة دافعة كهربائية في الدائرة الكهربائية.



شكل 7 – 2 تجربة الملف اللولبي لفاراداي

اكتشف فاراداي أن مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة يتوقف على:

(أ) عدد اللفات في الملف اللولبي.

(ب) قوة المغناطيس.

(جـ) السرعة التي يدخل بها المغناطيس، أو يُسحب بها من داخل الملف اللولبي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

قوانين الكهرومغناطيسية

قانون الحث الكهربائي لفاراداي

تتناسب القوة الدافعة الكهربائية المتولِّدة في الموصِّل الكهربائي مع معدل تغير التدفق المغناطيسي الذي يربط الدائرة الكهربائية .

ويصاغ القانون رياضياً على الصورة الاتية :

$$E \propto \frac{d\phi}{dt}$$

$$\therefore E = -\frac{d\phi}{dt}$$

حيث E تقدر بـ (V)

و ϕ تقدر بـ (wb)

t تقدر بـ S

و الإشارة (–) تمثل التأثير المضاد طبقاً لقانون لنز

قانون لينز

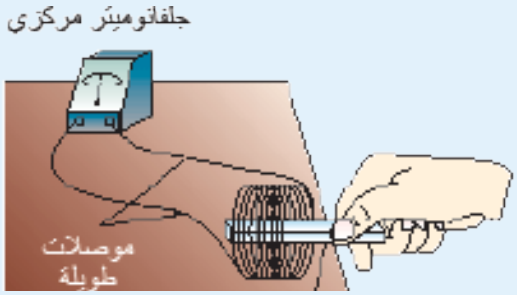
يكون دائمًا اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة، ومن ثم التيار المستحث في دائرة كهربائية مغلقة معاكسًا للتغير في التدفق المغناطيسي المنتج له .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ولشرح هذين القانونين للكهرومغناطيسية شرحًا عمليًّا يمكن إجراء التجربة التالية في المعمل (المبينة في شكل 7 – 3) .

تجربة 7 – 1

لبيان قانوني الكهرومغناطيسية عمليًّا .



شكل 7 – 3 قوانين الكهرومغناطيسية

الأدوات : ملف سلك من النحاس حوالي 20 لفة، جلفانوميتر حساس صفره في المنتصف، قضيب مغناطيسي .

الإجراء :

1- صل طرفي الملف بجلفانوميتر حساس صفره في المنتصف بواسطة وصلات كهربائية طويلة (أي : أسلاك توصيل) .

2- حرك القطب الجنوبي لقضيب مغناطيسي دائم إلى داخل الملف، ولاحظ أي انحراف على الجلفانوميتر .

3- حالما يكون القضيب المغناطيسي داخل الملف، أمسكه بحيث يكون ثابتًا، ثم راقب مرة أخرى أي انحراف على الجلفانوميتر .

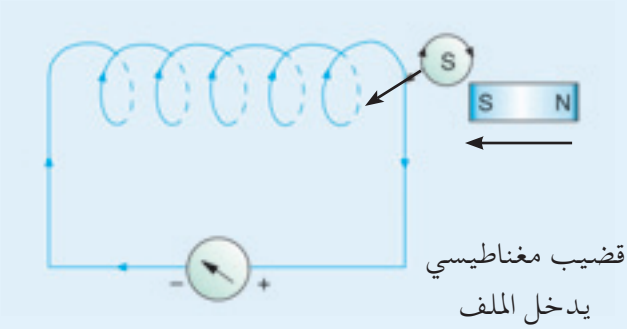
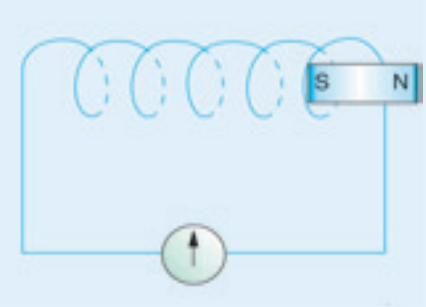
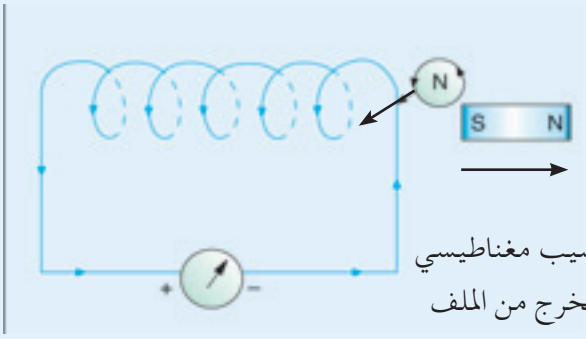
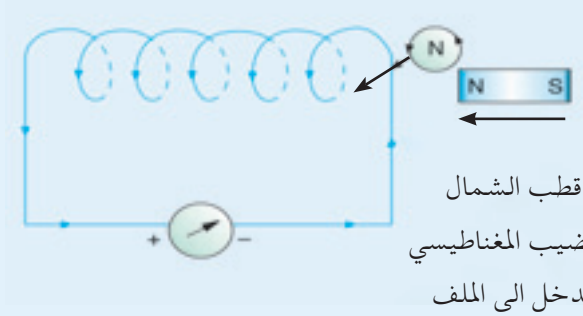
4- حرك بعد ذلك القطب الجنوبي للمغناطيس إلى خارج الملف، ثم لاحظ أي انحراف على الجلفانوميتر .

5- كرر الخطوات 2 إلى 4 مستخدمًا القطب الشمالي لنفس القضيب المغناطيسي .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

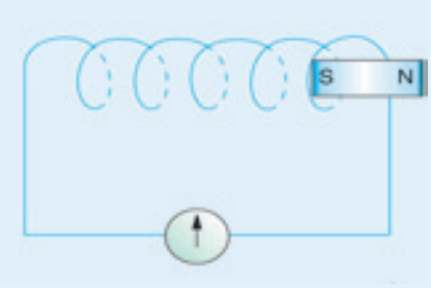
ويلخص جدول 7 – 1 المشاهدات والاستنتاجات من التجربة 7 – 1 .

جدول 7 – 1

المشاهدة	الاستنتاج
 قضيب مغناطيسي يدخل الملف	1– بما أن الجلفانوميتر يبين انحرافًا نحو اليسار، فحتمًا يوجد تيار يسري عبر الدائرة الكهربائية . 2– وجود ذلك التيار المستحث يعني أيضًا أنه يتم توليد قوة دافعة كهربائية مستحثة في الدائرة . تكون القوة الدافعة الكهربائية المستحثة مسئولة عن دفع التيار المستحث حول الدائرة المغلقة . ويسري التيار المستحث على الجانب الأيمن للملف في اتجاه حركة عقارب الساعة .
شكل 7 – 4 ينحرف المؤشر إلى اليسار	
 قضيب مغناطيسي لا يتحرك	1– بما أن الجلفانوميتر لايبين أي انحراف، فلا يوجد تيار مستحث يسري في الدائرة .
شكل 7 – 5 المؤشر عند مركز الصفر	
 قضيب مغناطيسي يخرج من الملف	1– بما أن الجلفانوميتر يبين انحرافًا نحو اليمين، فحتمًا يوجد تيار يسري عبر الدائرة الكهربائية . 2– إن اتجاه التيار المستحث في شكل 7 – 6 يكون عكس الذي في شكل 7 – 4 كما يبينه الانحراف في الاتجاه المضاد . يسري التيار المستحث على الجانب الأيمن للملف في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة .
شكل 7 – 6 ينحرف المؤشر إلى اليمين	
 قطب الشمال للقضيب المغناطيسي يدخل الى الملف	1– يبين الجلفانوميتر انحرافًا تجاه اليمين مشيرًا إلى وجود تيار مستحث . 2– يسري التيار المستحث على الجانب الأيمن للملف في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة .

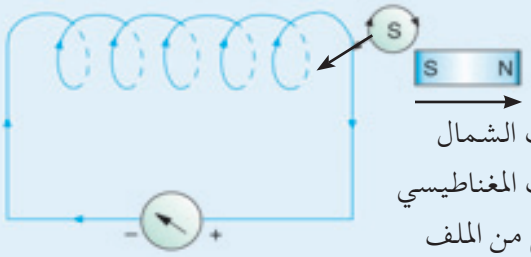
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

القضيب المغناطيسي لا يتحرك



شكل 7 – 8 المؤشر عند الصفر المركزي

1– لايبين الجلفانوميتر أي انحراف، مما يدل على غياب أي تيار مستحث.



قطب الشمال للقضيب المغناطيسي يخرج من الملف

شكل 7 – 9 ينحرف المؤشر إلى اليسار

1– يبين الجلفانوميتر انحرافًا نحو اليسار، مما يدل على وجود تيار مستحث.

2– إن اتجاه التيار المستحث في شكل 7 – 9 يكون عكس الذي في شكل 7 – 7. فيسري التيار المستحث على الجانب الأيمن للملف في اتجاه حركة عقارب الساعة.

وبناءً على النتائج في جدول 7 – 1، يمكننا التوصل إلى استنتاجين مهمين:

1 – كلما وجدت حركة للمغناطيس بالنسبة للملف، تتولَّد قوة دافعة كهربائية مستحثة (ومن ثم تيارًا مستحثًّا في دائرة مغلقة) في الدائرة. ويمكن كذلك توليد قوة دافعة كهربائية مستحثة بتحريك الملف بالنسبة للمغناطيس، طالما يوجد تغير في الخطوط المغناطيسية للقوة المارة خلال الملف (قانون فاراداي).

2 – يكون اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة (اتجاه التيار المستحث) بحيث يعاكس دائمًا المجال المغناطيسي المُنْتَج له (قاعدة لينز)، ونرى ذلك في الأشكال 7 – 4، 7 – 6، 7 – 7، 7 – 9. عندما يتحرك على سبيل المثال القطب الجنوبي للمغناطيس إلى داخل الجانب الأيمن للملف في شكل 7 – 4، توجد زيادة في قوة المجال المغناطيسي المؤثر على الملف. ولمعاكسة الزيادة في قوة المجال المغناطيسي، يتحرك التيار المستحث في اتجاه بحيث يخلق قطبًا جنوبيًّا عند الجانب الأيمن للملف. ويتنافر قطب الجنوب على الجانب الأيمن للملف مع قطب الجنوب للمغناطيس المقترب منه. وبالمثل في شكل 7 – 6، عندما يتحرك قطب الجنوب للمغناطيس بعيدًا عن الجانب الأيمن للملف، يتناقص المجال المغناطيسي المؤثر على الملف. ولمعاكسة النقص في قوة المجال المغناطيسي، يتحرك التيار المستحث في اتجاه بحيث يخلق قطبًا شماليًّا عند الجانب الأيمن للملف. ويجذب قطب الشمال عند الجانب الأيمن للملف قطب الجنوب للمغناطيس المتحرك بعيدًا.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

قاعدة لينز وحفظ الطاقة

ذكرنا من قبل أن اتجاه التيار المستحث يكون بحيث يعاكس التغير المنتج له (قاعدة لينز)، أي أنه عند تحريك المغناطيس إلى داخل الملف (كما في شكل 7 – 4، 7 – 7) يجب بذل شغل ميكانيكي للتغلب على التنافر بين الأقطاب المتماثلة. ويتحول ذلك الشغل الميكانيكي إلى طاقة كهربائية كما يبينها التيار المستحث الساري في الدائرة الكهربائية.

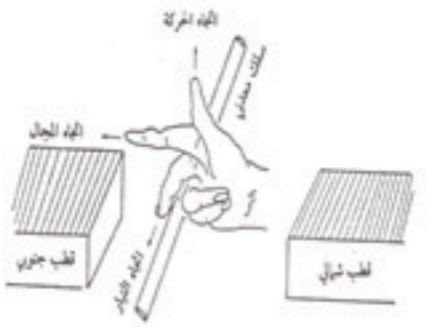
ويمكن التعرض لنفس التأثير عند محاولة جذب المغناطيس خارج الملف (كما في أشكال 7 – 6، 7 – 9). يجب بذل شغل ميكانيكي للتغلب على التجاذب بين الأقطاب غير المتماثلة التي تتحول مرة ثانية إلى طاقة كهربائية.

قانون لينز هو نتيجة لقانون حفظ الطاقة

قاعدة فليمنج لليد اليمنى

لتحديد العلاقة بين إتجاهات حركة الموصل والمجال المغناطيسي والتيار المستحث المتولد في الموصل نتيجة لحركته وضع فلمنج القاعدة التالية :

" إفراد أصابع اليد اليمنى الابهام والسبابة والوسطى بحيث تكون متعامدة على بعضها بحيث تشير الابهام إلى إتجاه حركة الموصل ، وتشيرالسبابةألى إتجاه المجال المغناطيسي فإن الوسطى تشير إلى إتجاه التيار المستحث في الموصل "



مولد التيار المتردد جهاز يستخدم مبدأ الحث الكهرومغناطيسي لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.

7 – 2 مولدات التيار المتردد
Alternating Current Generators

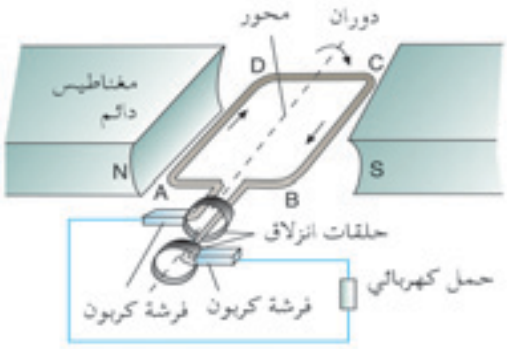
يُعتبر توليد الكهرباء أحد التطبيقات المهمة للحث الكهرومغناطيسي. ومولد التيار المتردد هو أحد تلك التطبيقات. فالمولِّد جهاز كهرومغناطيسي يحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.

المولِّد البسيط للتيار المتردد

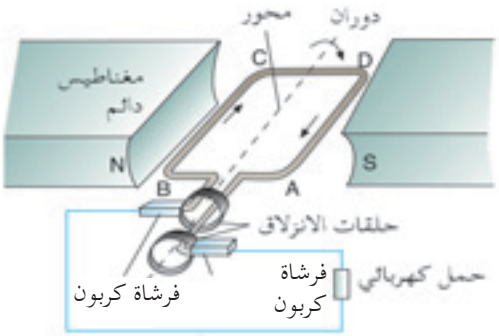
يبين شكل 7 – 10(أ) مولِّدًا بسيطًا للتيار المتردد، يتكون من ملف مستطيل الشكل من السلك يركب على محور. وبإدارة المحور يدور الملف بين قطبي المغناطيس الدائم.

يتغير أثناء دوران الملف المجال المغناطيسي خلاله، وبذلك يحث قوة دافعة كهربائية بين طرفيه. ولا يسري التيار المستحث ما لم يوصل طرفا الملف بدائرة خارجية ذات حمل كهربائي مثل مقاومة.

وتسمح حلقات الانزلاق بتحول القوة الدافعة الكهربائية المترددة المستحثة في الملف الدوّار إلى الدائرة الخارجية كما هو مبين في شكل 7 – 10(ب). وتتصل كل حلقة بأحد طرفي سلك الملف، وتتصل كهربيًّا عن طريق فرشة توصيل كهربائي من الكربون (تنزلق عليها) بباقي دائرة المولِّد. يبين شكل 7–11 منظرًا أماميًّا للملف، يوضح مواقع الملف التي تناظر القوة الدافعة الكهربائية المستحثة.

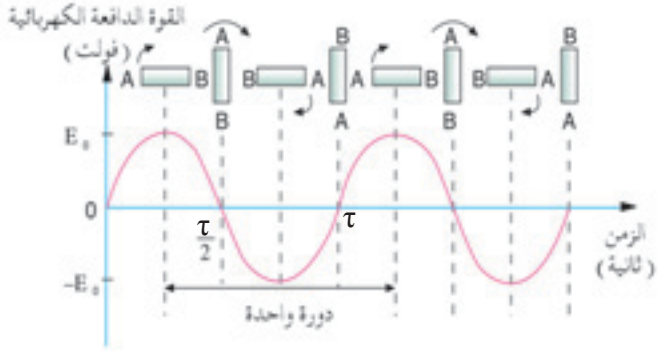


شكل 7 – 10 (أ) مولِّد بسيط للتيار المتردد



شكل 7 – 10(ب) نفس المولِّد بعد نصف دورة

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا



شكل 7 – 11 مواقع الملف بالنسبة للقوة الدافعة الكهربائية المستحثة

تبلغ القوة الدافعة الكهربائية المستحثة أقصاها (E_0) عندما يكون مستوى الملف موازيًا لخطوط القوة المغناطيسية لأن الأجناب AD، BC تقطع المجال المغناطيسي بأقصى معدل .

وتبلغ القوة الدافعة الكهربائية المستحثة صفرًا عندما يكون مستوى الملف متعامدًا مع خطوط القوة المغناطيسية لأن الأجناب AD، BC تتحرك موازية للمجال المغناطيسي، وعليه لا تقطع خطوط المجال المغناطيسي .

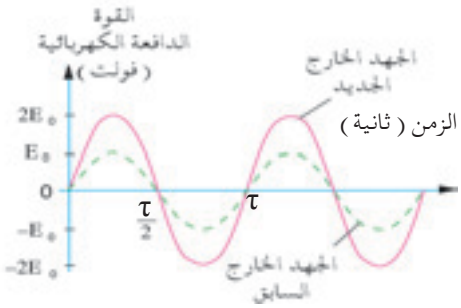
وإذا ضاعفنا عدد لفات الملف دون تغيير تردد دوران الملف، يتخذ الجهد الخارج V الشكل الموجي التالي (شكل 7 – 12) ويرتبط تردد f الدوران مع فترته الزمنية τ بالمعادلة :

$$f = \frac{1}{\tau}$$

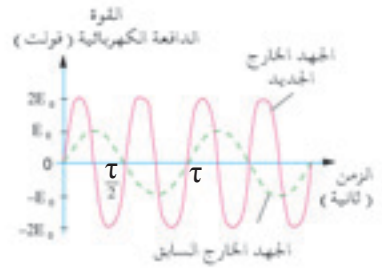
.

وإذا ضاعفنا تردد دوران الملف دون تغيير عدد لفّات الملف، تتضاعف كذلك قيمة أقصى جهد خارج كما في شكل 7 – 13 . لاحظ أن مضاعفة التردد f تعني خفض الفترة الزمنية τ إلى النصف (لأن $\tau = \frac{1}{f}$) .

وبالإضافة لزيادة تردد دوران الملف وعدد اللفات على الملف، يمكن أيضًا زيادة القوة الدافعة الكهربائية المستحثة لمولد تيار متردد باستخدام مجالات مغناطيسية أقوى، وبلف الملف على قلب من الحديد المطاوع لتركيز الخطوط المغناطيسية للقوة خلال الملف .



شكل 7 – 12 مضاعفة عدد لفات الملف تضاعف أقصى جهد خارج (نظريًا)



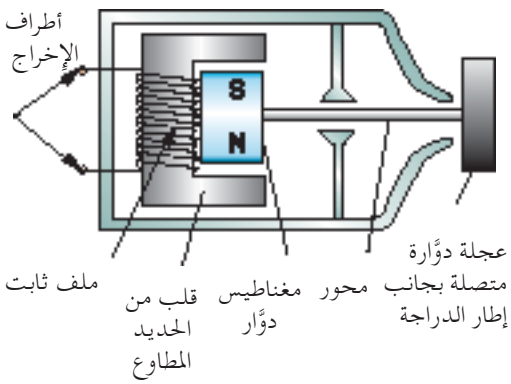
شكل 7 – 13 مضاعفة التردد (f) يضاعف أقصى جهد خارج (نظريًا)

يزداد الجهد المتردد الخارج لمولد تيار متردد مع زيادة :

- **عدد لفات الملف .**
- **تردد الدوران .**
- **قوة المجال المغناطيسي .**

مولّدات أخرى للتيار المتردد

لتوليد تيارات كبيرة (كما في أحد التوربينات بمحطات توليد الطاقة الكهربائية)، يكون من المفيد عمليًّا ترك الملف ثابتًا، وإدارة المجال المغناطيسي (لمغناطيس كهربائي) حول الملف . وبهذه الطريقة بدلًا من قطع الملف للمجال المغناطيسي كما في المولد البسيط للتيار المتردد، يقطع المجال المغناطيسي الملف لإنتاج القوة الدافعة الكهربائية المستحثة . ويمكن هكذا الاستغناء عن حلقات الانزلاق وفرشات الكربون غير القادرة على حمل تيارات كبيرة إلى داخل وخارج الملف . وبالإضافة إلى التوربين، يستخدم أيضًا مولد كهربائي لدراجة طريقة تدوير مغناطيس لإنتاج قوة دافعة كهربائية مستحثة (شكل 7 – 14) .



شكل 7 – 14 مولد كهربائي لدراجة

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

أسئلة التقويم الذاتي

حَدِّدْ المكونات في مولِّد بسيط لتيار متردد، المسئولة عن ضمان كون الجهد الكهربائي المخرج في الدائرة الخارجية جهدًا مترددًا، ثم ارسم العلاقة البيانية للجهد الكهربائي مقابل الزمن.

7–3 المحوِّلات الكهربائية
Transformers

المحِّول الكهربائي جهاز يغير قيمة جهد كهربائي متردد عالٍ عند تيار منخفض إلى جهد كهربائي متردد منخفض عند تيار عالٍ أو العكس. إنه جهاز كهربائي مفيد وضروري:

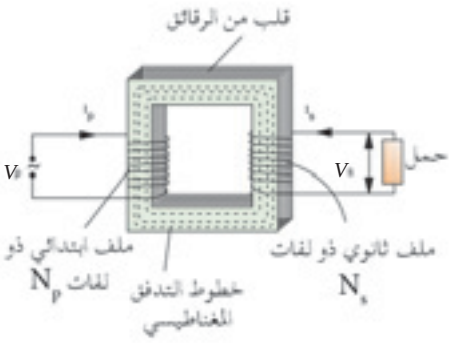
(أ) لنقل القدرة الكهربائية من محطات القدرة إلى أحمال الاستهلاك (المنازل والمصانع).

(ب) لتنظيم الجهد الكهربائي للأجهزة الكهربائية التي تعمل بتيار المنبع مثل التلفاز والمسجل لتشغيلها تشغيلًا سليمًا.

المحِّول الكهربائي جهاز يغير جهدًا كهربيًّا مترددًا عاليًا عند تيار منخفض إلى جهد كهربائي متردد منخفض عند تيار عال والعكس.

تركيب المحوِّل الكهربائي ذي القلب المقفل

يتكون أساسًا من ملفين من السلك، يسمى أحدهما **الملف الابتدائي** والآخر **الثانوي**، ذوي عدد مناسب من اللفات. وتلف تلك الملفات على قلب من الحديد المطاوع مكون من رقائق الحديد المطاوع المعزولة عن بعضها البعض. وتقلل الرقائق من فقد الحرارة الناتج عن التيارات المستحثة التي يمكن أن تتكون إذا كان القلب غير رقائقي (أنظر شكل 7 – 15).



شكل 7 – 15 محوِّل ذو قلب مُقْفَل

مبدأ التشغيل

المحِّول مبني على تجربة الحلقة الحديدية لفاراداي، فهو يحول الطاقة الكهربائية من الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي بالحث الكهرومغناطيسي بين الملفين. يُنشئ الجهد الكهربائي المتردد المستخدم عند الملف الابتدائي مجالًا مغناطيسيًّا متغيرًا يحث قوة دافعة كهربائية في الملف الثانوي.

وتكون القوة الدافعة الكهربائية في المحوِّل رافع الجهد الكهربائي أكبر في الملف الثانوي منها في الملف الابتدائي.

وتكون على العكس القوة الدافعة الكهربائية في المحول خافض الجهد الكهربائي أقل في الملف الثانوي منها في الملف الابتدائي. ويتضح أن:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

حيث V_s تساوي الجهد الكهربائي الخارج من الملف الثانوي. V_p تساوي الجهد الكهربائي الداخل إلى الملف الابتدائي.

N_s تساوي عدد اللفات في الملف الثانوي.

N_p تساوي عدد اللفات في الملف الابتدائي.

ويشار عادة إلى $\frac{N_s}{N_p}$ **بنسبة اللفات**.

ومن المعادلة $\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$ نرى بسهولة أنه يجب بالنسبة للمحوِّل رافع

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الجهد الكهربائي أن تكون عدد اللفات في الملف الثانوي N_s أكبر من عدد اللفات في الملف الابتدائي N_p. والعكس صحيح بالنسبة للمحوِّل خافض الجهد الكهربائي، يجب أن تكون عدد اللفات في الملف الثانوي N_s أصغر من عدد اللفات في الملف الابتدائي N_p.

نقل القدرة داخل المحوِّل

بالنسبة لمحوِّل نموذجي (أي يعمل بكفاية 100%)، تنتقل القدرة التي يتم إمدادها إلى الملف الابتدائي بالكامل إلى الملف الثانوي. وعليه فمن مبدأ حفظ الطاقة، القدرة في الملف الابتدائي = القدرة في الملف الثانوي.

أي $$I_p V_p = I_s V_s$$

حيث I_p تساوي التيار في الملف الابتدائي

I_s تساوي التيار في الملف الثانوي

V_p تساوي الجهد الكهربائي الداخل إلى الملف الابتدائي

V_s تساوي الجهد الكهربائي الناتج في الملف الثانوي

ومن المعادلات $\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$ ، و $I_p V_p = I_s V_s$ يمكن الحصول على المعادلة

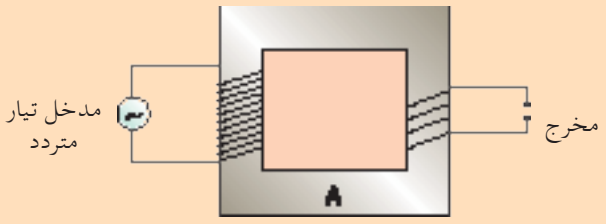
$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s}$$

ومن المعادلة، السابقة نرى بالنسبة للمحوِّل رافع الجهد الكهربائي أن

الجهد الكهربائي الخارج من الملف الثانوي V_s أكبر من الجهد الكهربائي الداخل إلى الملف الابتدائي V_p بمقدار النسبة $\frac{N_s}{N_p}$ ، بينما التيار الخارج I_s في الملف الثانوي يكون أدنى من التيار الداخل I_p في الملف الابتدائي بنفس النسبة $\frac{N_s}{N_p}$. ولايوجد فقد أو كسب للقدرة في حالة المحوِّل النموذجي.

مثال محلول 7 – 1

يبين شكل 7 – 16 محوِّلًا كهربيًّا بسيطًا.



شكل 7 – 16

(أ) حدِّد مع ذكر السبب:

(1) اسم المادة ذات العلامة A .

(2) ما إذا كان الجهد الكهربائي الخارج أكبر أو أصغر من الجهد الكهربائي الداخل.

(ب) يُستخدم هذا المحوِّل لإنتاج جهد لنموذج قطار 12 V يسحب تيارًا 0.8 A . احسب التيار في الملف الابتدائي إذا كان الجهد الكهربائي لمنبع التيار المتردد 240 V .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الحـــل :

(أ) (1) المادة ذات العلامة A هي حديد مطاوع، وتوفر رابطة لتدفق مغناطيسي جيد بين الملف الابتدائي والملف الثانوي.

(2) بما أن عدد اللفات في الملف الثانوي أقل من عددها في الملف الابتدائي، فيكون الجهد الكهربائي الخارج أصغر من الداخل. والمعادلة التي تربط عدد اللفات في الملف الابتدائي N_p والملف الثانوي N_s، بقيمة الجهد الخارج من الملف الثانوي V_s وبقيمة الجهد الداخل إلى الملف الابتدائي V_p هي :

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

(ب) المعطيات : قيمة الجهد الكهربائي في الملف الابتدائي، $V_p = 240\ V$

قيمة الجهد الكهربائي في الملف الثانوي، $V_s = 12\ V$

التيار في الملف الثانوي، $I_s = 0.8\ A$

لنفترض أن التيار المطلوب في الملف الابتدائي هو I_p. وبقانون حفظ الطاقة، القدرة الداخلة إلى الملف الابتدائي تساوي القدرة الخارجة من الملف الثانوي

$$I_p V_p = I_s V_s$$

ولهذا $I_p = \frac{V_s}{V_p} I_s$

$$= \frac{12}{240}(0.8)$$

$$= 0.4\ A$$

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) في المحوِّل خافض الجهد الكهربائي، اذكر ما إذا كان

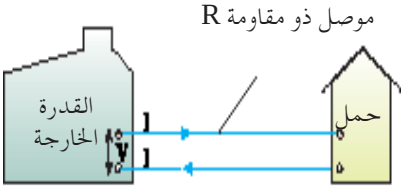
(1) عدد اللفات في الملف الابتدائي أكبر من التي في الملف الثانوي.

(2) التيار في الملف الابتدائي أكبر من الذي في الملف الثانوي.

(ب) اكتب أي استخدامين للمحوِّلات الكهربائية.

نقل القدرة الكهربائية

إن إحدى مشاكل نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية من محطة القدرة إلى أحمال الاستهلاك (منازل ومصانع) هي فقد القدرة كحرارة جول (I^2R) في موصلات الشبكة. ويجب تقليل ذلك الفاقد إلى أدنى حد من أجل الكفاية والاقتصاد.



تُستخدم كأحد الحلول موصلات سميكة جدًّا حتى تكون المقاومة R منخفضة، وبذا تكون القدرة المفقودة كحرارة في الموصلات أقل ما يمكن. ومع ذلك، يوجد حد لإمكانية تطبيق هذا الحل : فكلما كان الموصل المستخدم أسمك، كلما كان الوزن المطلوب دعمه أثقل وعليه تصبح تكلفة الإنشاءات أعلى.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

وحل آخر يكون بتقليل التيار I المحوَّل. ويتم ذلك باستخدام محوِّلات لرفع قيمة الجهد الكهربائي الذي تنتقل عنده القدرة الكهربائية.

وبافتراض أن خرج القدرة الكهربائية P_{out} سيتم إيصاله بجهد V عن طريق خطوط الإمداد ذات المقاومة الكلية R، سيكون التيار I في خط الإمداد:

$$I = \frac{P_{out}}{V}$$

ومن ثم تُعطى القدرة المفقودة كحرارة P_{loss} بالعلاقة:

$$P_{loss} = I^2R$$

$$= \left(\frac{P_{out}}{V}\right)^2 R$$

وعليه كلما كانت قيمة الجهد V أكبر، كلما كان فقد القدرة أقل. ولذلك يمكن نقل القدرة الكهربائية بشكل أفضل اقتصاديًّا في حالة الجهد العالي والتيار المنخفض. ولايُستخدم نقل الجهد المنخفض نتيجة الفقد المستمر للحرارة والتآكل السريع للعزل. ومن ناحية أخرى ترفع قيمة الجهد العالية من تكلفة العزل. ومن ثم يجب لنقل القدرة الكهربائية بأكثر الطرق اقتصادًا، وضع جميع العوامل مثل مقاومة الموصل، وشدة جهد النقل، وتكلفة العزل في الاعتبار.

يُستخدم جهد عالي في نقل القدرة الكهربائية لتقليل فاقد القدرة.

مثال محلول 7 – 2

محطة قدرة لتوليد الكهرباء تعطي قدرة إخراجية 100 kW عند 20 000 V وُصِّلَت عن طريق موصلات بمصنع ما.
فإذا كانت مقاومة الموصلات 5 Ω، احسب:
(أ) التيار الساري في الموصلات.
(ب) فقد القدرة في الموصلات، ثم برره.

الحـــل:

المعطيات: القدرة المخرجة، $P_{out} = 100 \times 10^3$ W
الجهد الخارج، $V = 20\,000$ V
مقاومة الموصلات، $R = 5\ \Omega$

(أ) بما أن $P_{out} = IV$ حيث I التيار في الموصلات

$$\therefore I = \frac{P_{out}}{V}$$

$$= \frac{100 \times 10^3}{20000}$$

$$= 5\ A$$

(ب) فقد القدرة في الموصلات، I^2R

$$= (5)^2(5)$$

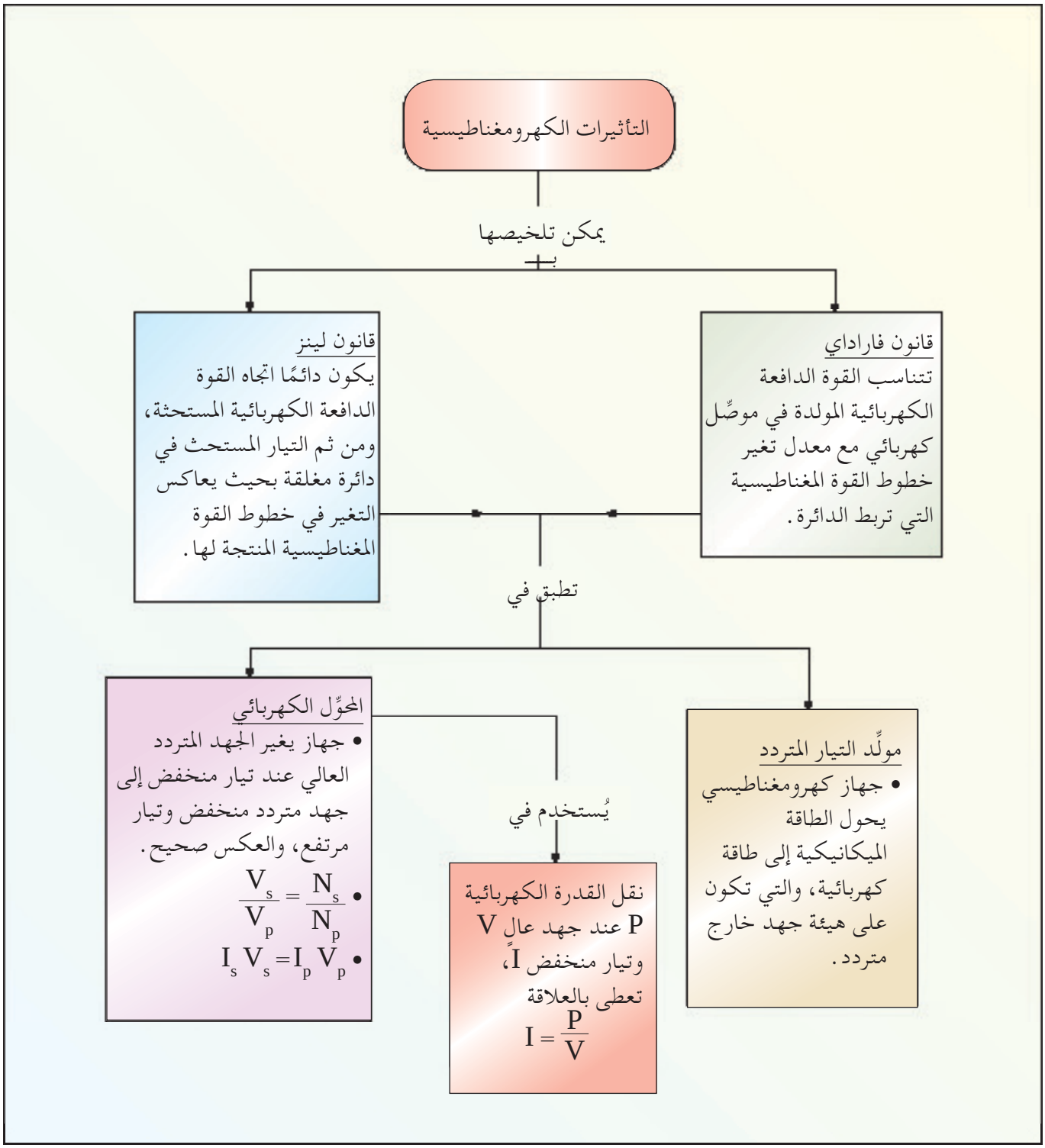
$$= 125\ W$$

تُفقد القدرة في شكل حرارة في الموصلات نتيجة مقاومة الموصلات.

أسئلة التقويم الذاتي

بالنسبة لنقل القدرة الكهربائية من محطات القدرة إلى المصانع، اذكر طريقتين يمكن بهما تقليل فقد القدرة كحرارة في الموصلات إلى أدنى حد.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المهارة : المقارنة

درست في هذه الوحدة مولد التيار المتردد البسيط ومولد كهربائي الدراجة، وكلاهما أجهزة تولد الكهرباء. نقارن الآن الجهازين بالتركيز على التشابهات والفروق بينهما.

مقارنة مولد التيار المتردد البسيط، ومولد كهربائي لدراجة

الغرض : لتحديد طريقة توليد الكهرباء الأكثر ملاءمة لإنتاج تيارات كبيرة.

العوامل

1-
2-

كيف يتشابهان؟

1-
2-

العوامل

1-

كيف يختلفان؟

1-

الاستنتاج :

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

التمرين السابع

الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

1 – أي من الإجراءات التالية لاتولد قوة دافعة كهربائية؟

(أ) الإمساك بمغناطيس ثابت داخل ملف .

(ب) تدوير ملف في مجال مغناطيسي .

(جـ) تدوير مغناطيس حول ملف ثابت .

(د) تحريك قضيب مغناطيسي عبر قطعة فلز مسطحة .

2 – أي مما يلي لايؤثر على مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الحث الكهرومغناطيسي؟

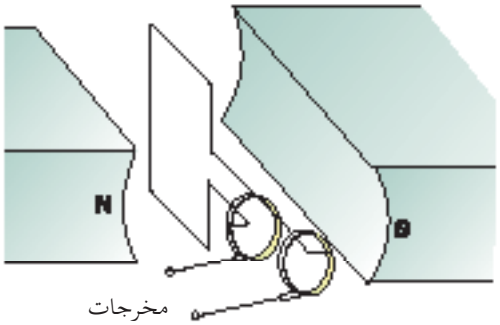
(أ) قوة المجال المغناطيسي المرتبط بالملف .

(ب) مقاومة الملف الذي يقطع المجال المغناطيسي .

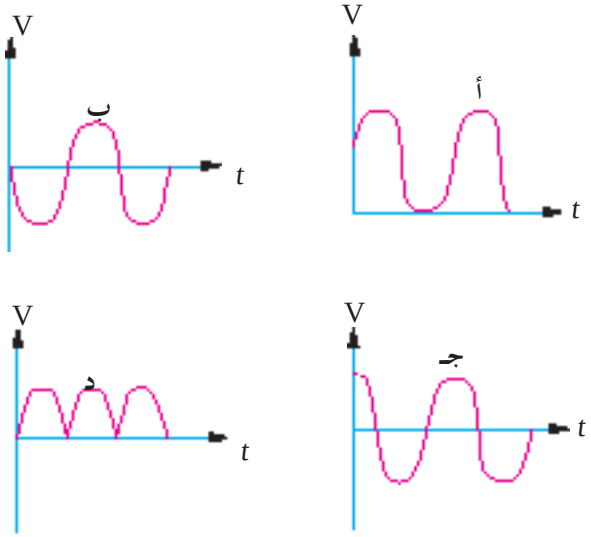
(جـ) السرعة التي يقطع بها الملف المجال المغناطيسي .

(د) عدد اللفات في الملف .

3 –



يبين الرسم قضيبًا مغناطيسيًا يسقط سقوطًا حرًا خلال ملف من السلك النحاسي المعزول ، ويمر القضيب بالملف بين مخرجات قات البيانية التالية تعكس الجهد الخارج مقابل الزمن عند بدء الملف في الدوران من الموضع المبين بالرسم؟



4 – لماذا يُستخدم الحديد المطاوع في قلب المحوِّل الكهربائي؟

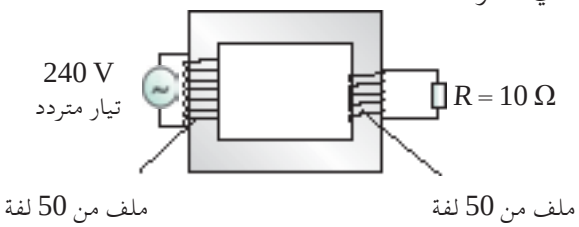
(أ) له مقاومة كهربائية منخفضة .

(ب) يوصل التيار المستحث بشكل جيد .

(جـ) لن ينصهر بسهولة عندما يكون التيار المستحث أكبر من اللازم .

(د) يضمن رابطة تدفق مغناطيسية أفضل بين الملفين .

5 – يبين الرسم محوِّلًا نموذجيًا يتصل بمنبع تيار متردد 240 V . ويتكون الملف الابتدائي من 1000 لفة، بينما يتكون الملف الثانوي من 50 لفة . ويتصل الخرج بحمل ذي مقاومة 10 Ω .



ما التيار الذي يمر خلال الحمل؟

(أ) 1.2 A . **(ب)** 24 A .

(جـ) 48 A . **(د)** 120 A .

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

1 – (أ) ماذا يُقصد بمصطلح الحث الكهرومغناطيسي؟

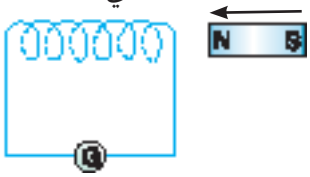
(ب) حدد العوامل التي تؤثر على مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة .

2 – حدِّد ما يشاهد في الجلفانوميتر G عند :

(أ) تحرك المغناطيس نحو الجلفانوميتر في اتجاه السهم المرسوم .

(ب) جذب المغناطيس بعيدًا عن الملف اللولبي .

(جـ) زيادة عدد اللفات في الملف .



3 – (أ) اذكر قاعدة لينز عن الحث الكهرومغناطيسي .

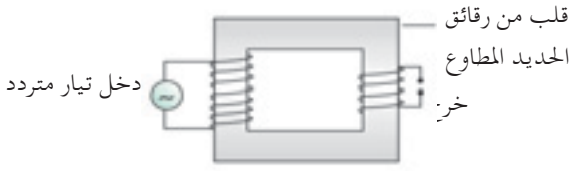
(ب) كيف ينطبق حفظ الطاقة على الحث الكهرومغناطيسي؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

4 – (أ) مع الرسم والبيانات، صف شكلًا بسيطًا لمولد تيار متردد باستخدام حلقات الانزلاق.

(ب) ارسم العلاقة البيانية لخرج شدة الجهد مقابل الزمن لمولد تيار متردد بسيط.

5 –



(أ) يبين الشكل السابق تركيب محوِّل كهربائي بسيط. اذكر مع بيان السبب:

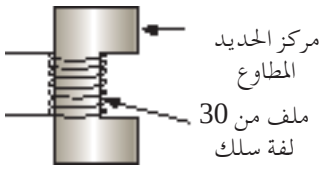
(1) الغرض من القلب المصنوع من رقائق الحديد المطاوع.

(2) ما إذا كان جهد الخرج أكبر أو أصغر من جهد الدخل.

(ب) يُستخدم هذا المحوِّل للحصول على جهد لنموذج سيارة 6 V تسحب تيارًا 0.4 A. احسب التيار في الملف الابتدائي إذا كانت قيمة جهد منبع التيار المتردد 240 V.

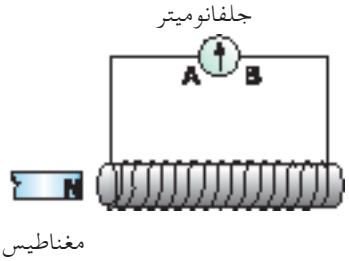
6 – قائمة بالأدوات:

قلبان من الحديد المطاوع على شكل حرف C، ملفوف حول كل منهما 30 لفة من السلك (أحدهما مبين).



صف باستخدام الأدوات أعلاه كيفية حث التيار كهرومغناطيسيًّا في ملف من السلك.

7 – (أ)



يبين الرسم ملفًا لولبيًّا متصلًا بجلفانوميتر. فسر مايلي:

(1) إذا أمسكنا بالمغناطيس ثابتًا عند نهاية الملف، لن ينحرف مؤشر الجلفانوميتر.

(2) إذا تحرك المغناطيس تجاه الملف، سينحرف مؤشر الجلفانوميتر.

(3) كلما كانت حركة المغناطيس تجاه الملف اللولبي أسرع، كلما كان انحراف مؤشر الجلفانوميتر أكبر.

(4) إذا ابتعد المغناطيس عن الملف اللولبي، يكون اتجاه التيار من A إلى B خلال الجلفانوميتر.

(ب) محوِّل كهربائي يتكون ملفه الابتدائي من 400 لفة وملفه الثانوي من 10 لفات.

والقوة الدافعة الكهربائية الابتدائية 250 V والتيار الابتدائي 2 A. احسب:

(1) الجهد الكهربائي في الملف الثانوي.

(2) التيار الثانوي بافتراض كفاية 100%.

وتصمم عادة المحوِّلات بحيث تكون كفايتها قريبة من 100% قدر الإمكان. لماذا يتم ذلك؟

صف سمتين في تصميم المحوِّل تساعدان على تحقيق كفاية عالية.

8 – (أ) يتصل مولد كهربائي من خلال موصلات بمصنع صغير. وبافتراض أن قدرة الخرج للمولد 40 kW، عند 5000 V وأن إجمالي المقاومة في الموصلات 0.5 Ω، احسب:

(1) التيار في الموصلات.

(2) هبوط الجهد في الموصلات.

(3) فقد القدرة في الموصلات.

ماذا يحدث لهذا «الفقد» في القدرة؟

(ب) إذا توافرت نفس القدرة عند 250 V، لكان التيار خلال نفس الموصلات أكبر 20 مرة.

احسب فقد القدرة في مثل هذه الظروف.

(جـ) لماذا تُرسل القدرة بشكل أفضل عند جهود عالية عنه عند جهود منخفضة؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

9- **(أ)** صف تجربة لبيان الحث الكهرومغناطيسي .
اشرح العوامل التي تؤثر على مقدار واتجاه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة .

(ب) صف باختصار كيف يفسر الحث الكهرومغناطيسي عمل المحوِّل الكهربائي .

10- شاحن كهربائي لنضيدة يشتغل من منبع ابتدائي رئيس 240 V يحتوي على محوِّل كهربائي يوفر خرج 15 V .

(أ) عدد لفات الملف الابتدائي 6400 لفة . احسب عدد لفات الملف الثانوي .

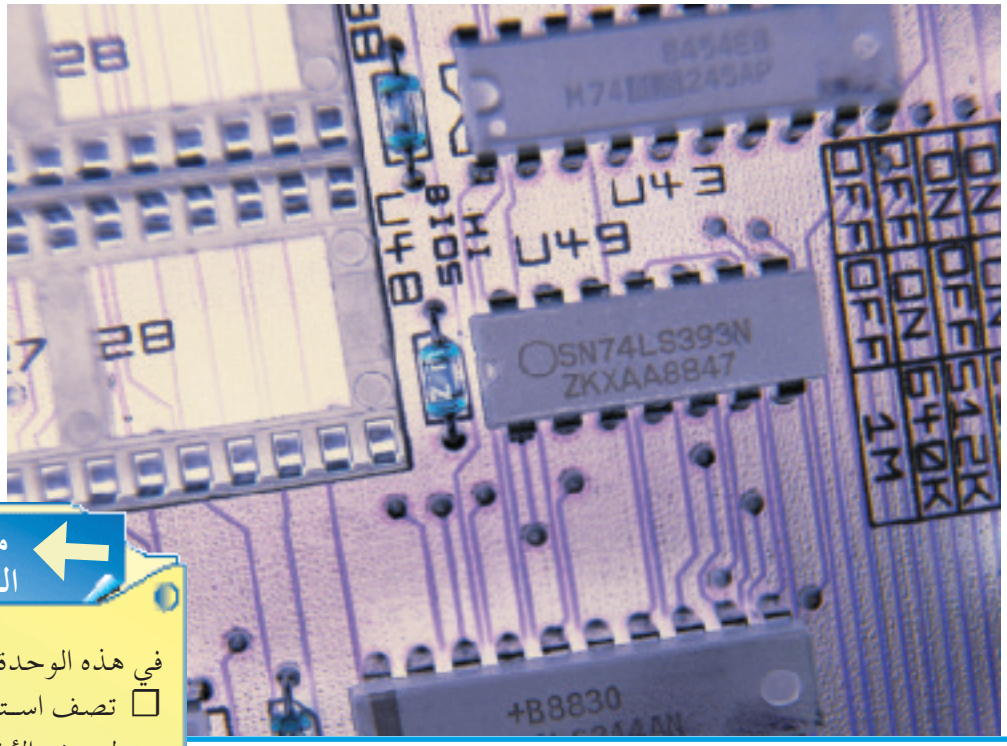
(ب) بافتراض أن نسبة كفاية المحوِّل 100% ، احسب التيار المار في الملف الابتدائي إذا كان تيار الخرج للمحوِّل 2 A .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 8

Introductory Electronics

علم الإلكترونيات التمهيدي



مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف

- تصف استخدام راسم الذبذبات الكاثودي لعرض الأشكال الموجية، ولقياس فروق الجهد والفترات الزمنية القصيرة (الدوائر الكهربائية التفصيلية غير مطلوبة) .
- تصف عمل موزع الجهد المتغير.
- تصف عمل المقاومات الحرارية، والمقاومات التي تعتمد على الضوء، وتفسر استخدامها كمحوِّلات دخل في موزع الجهد .
- تذكر بالكلمات وفي جدول التحقيق، عمل البوابات المنطقية التالية : AND, OR, NAND, NOR, NOT
- تميز وترسم الرموز الخاصة بالبوابات المنطقية المذكورة سابقًا (تُستخدم الرموز الأمريكية ANSI Y32.14) .
- تطبق الوظائف المنطقية للبوابات المنطقية بالاتحاد بحد أقصى مدخلين لحل مشاكل منطقية بسيطة .

سنقدم لك في هذه الوحدة عالم الإلكترونيات . أنت لاتحتاج في الواقع أي تقديم إلى الإلكترونيات لأنها حولك في كل مكان، فالإذاعة المرئية، والمذياع، والمسجل، والحاسوب جميعها منتجات إلكترونية شائعة .

يجب بدء دراسة الإلكترونيات بفهم أعمق للإلكترون، ولإنتاج الحزمة الإلكترونية . إن قدرة تلك الأجهزة الإلكترونية على التحكم في سريان الإلكترونيات هي التي تجعلها مفيدة . سندرس أيضًا خواص شعاع الإلكترون .

وسندرس كذلك بعض المكونات الشائعة في الدائرة الكهربائية، واستخداماتها، وعملها .

أخيرًا ستدرس الوحدات البنائية الأساسية للحاسوب الحديث – البوابات المنطقية .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية

8 – 1 الإلكترونات وكيفية إنتاجها

Electrons and How They are Produced

بدأ علماء الفيزياء في الخمسينيات من القرن التاسع عشر فحص مسار الكهرباء خلال فراغ، بوضع إلكترودين في أنبوب مفرَّغ مقفل بإحكام. تبين لهم انبعاث نوع من الأشعة من الكاثود أو الإلكترود السالب. ووجد بعد ذلك طومسون (1856 – 1940) في عام 1897 أن أشعة الكاثود تنحرف بفعل المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي. واستنتج من اتجاه الانحراف أن الجسيمات المكونة لتلك الأشعة تحمل حتمًا شحنة سالبة. وأطلق على تلك الشحنات السالبة اسم **إلكترونات**.

انبعثت الإلكترونات في هذه التجارب الريادية من كاثود ساخن، وهو في العادة فتيل رقيق يسخن حتى درجة حرارة عالية. وتنبعث الإلكترونات من الفتيل خلال عملية تسمى **الانبعاث الأيوني الحراري**.

الانبعاث الأيوني الحراري

تحتوي كل ذرة في أي فلز على قليل من الإلكترونات الخارجية المرتبطة بغير إحكام والتي تتحرك عشوائيًا خلال المادة ككل. ونقول أحيانًا أن تلك الإلكترونات « حرة » لأنها تستطيع التحرك بحرية خلال الفلز. والإلكترون الذي يتحرك إلى الخارج على السطح لا يستطيع الهرب لأنه مرتبط بقوى الجذب إلى نواة الذرة، ولكن عند تسخين فلز قد تكتسب بعض الإلكترونات طاقة كافية للهرب من سطح الفلز. ويعرف ذلك التأثير بالانبعاث الأيوني الحراري. ويمكن إنتاج انبعاث أيوني حراري بتسخين فتيل تنجستين رقيق كهربيًا. ويتحقق ذلك بإمرار تيار خلال الفتيل (شكل 8 – 1). والقيم النموذجية للجهد والتيار المستخدم هي 6 V و 0.3 A.

ولقد وفر الانبعاث الأيوني الحراري للعلماء وسيلة مهمة لإنتاج إمداد مستمر من الإلكترونات. والآن وقد رأينا كيفية إنتاج إلكترونات، سنفحص التجارب المهمة التي أجراها طومسون لاكتشاف خواص الإلكترون.

شكل 8 – 1 الفتيل الرقيق لإنتاج إلكترونات

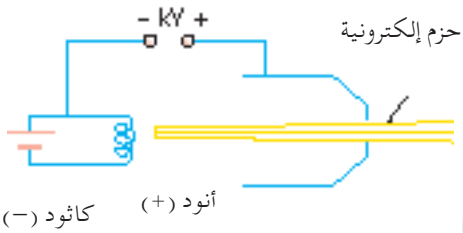
- ينتج مدفع الإلكترونات مجموعة من الإلكترونات والتي تسمى أحيانًا أشعة كاثود لأنها تنبعث من الكاثود.
- تنحرف الإلكترونات بواسطة المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي.

8 – 2 استقصاء خواص الإلكترونات

Investigating the Properties of Electrons

مدفع الإلكترونات

يستخدم مدفع الإلكترونات لاستقصاء خواص الحزم الإلكترونية. ويبين شكل 8 – 2 مدفع إلكترونات، يتكون من أنبوب زجاجي تحت ضغط منخفض جدًّا. وتنتج الإلكترونات بانبعاث أيوني حراري من فتيل تنجستين مُسخَّن باستخدام منبع قدرة (6 V) . ويتصل جهد موجب عالي (عدة آلاف من الفولت) بأنود أسطواني (+) . وتُسَرَّع الإلكترونات حتى تصل لسرعة عالية وتنطلق مستقيمة خلال ثقب الأنود في حزمة دقيقة من الإلكترونات. ونشير أحيانًا إلى الحزم الإلكترونية على أنها **أشعة كاثود**، لأنها تُنْتَج من الكاثود أو الإلكترود السالب (–) .



شكل 8 – 2 مدفع الإلكترونات

الانحراف بمجال كهربائي

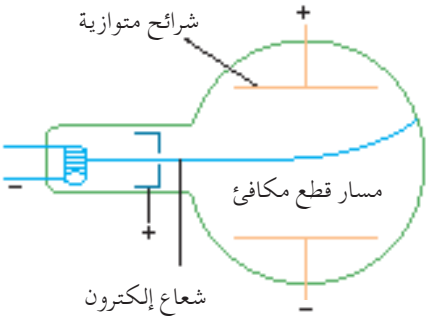
يمكن تكوين مجال كهربائي بتسليط فرق جهد عبر شريحتين فلزيتين متوازيتين موضوعتان في وضع أفقيّ على بعد ما.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

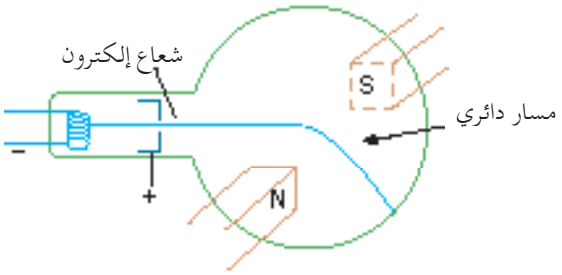
عند مرور حزمة إلكترونية بين الشريحتين، تُشاهد الإلكترونات تنحرف نحو الشريحة الموجبة، والسبب انجذاب الإلكترونات إلى الشحنات الموجبة على الشريحة الموجبة، وتنافرها من الشحنات السالبة على الشريحة السالبة (انظر شكل 8 – 3).
ويتضح كذلك أنه كلما كانت قوة المجال الكهربائي أكبر، كلما كانت درجة انحراف الحزمة الإلكترونية أكبر.

الانحراف بمجال مغناطيسي

يسلط المجال المغناطيسي بزوايا قائمة مع اتجاه حركة الحزمة الإلكترونية بوضع قطبين للمغناطيس كما هو مبين في شكل 8 – 4. ويمكن مشاهدة انحراف الحزمة الإلكترونية بالمجال المغناطيسي. وبما أن الإلكترونات سالبة، فإن الحزمة الإلكترونية ستكون مكافئة لتيار موجب أو تقليدي في الاتجاه العكسي. وإذا طبقنا قاعدة فليمنج لليد اليسرى آخذين في الاعتبار اتجاه التيار التقليدي، سنجد أنه في هذه الحالة يجب أن يكون الانحراف لأسفل. وتوفر في الواقع تلك التجربة دليلًا قويًّا على أن أشعة الكاثود هي في الحقيقة إلكترونات سالبة الشحنة.



شكل 8 – 3 انحراف بمجال كهربائي



شكل 8 – 4 انحراف بمجال مغناطيسي

8 – 3 أنبوب شعاع الكاثود–راسم الذبذبات الكاثودي

Cathode–Ray Tube – The Cathode–Ray Oscilloscope (C.R.O.)

لقد أصبحت أنابيب شعاع الكاثود جزءًا من الحياة اليومية، وتوجد في شاشات أجهزة التلفاز والحاسوب. ونستخدم في معمل الفيزياء أنبوب شعاع الكاثود في راسم الذبذبات لدراسة الأشكال الموجية.
ويتألف راسم الذبذبات الكاثودي من المكونات التالية:

1 – مدفع الإلكترونات.
2 – الألواح الحارفة.
3 – شاشة فلورية.

تتألف المكونات الأساسية لراسم الذبذبات الكاثودي من مدفع الإلكترونات والألواح الحارفة X، Y وشاشة فلورية.

مدفع الإلكترونات

هو أساسًا نفس ما في شكل 8 – 2 ولكن مع سمات قليلة إضافية. فهو يتكون الآن من **شبكة** تتصل بجهد سالب، وكلما كان الجهد أكثر سالبية، كلما تنافرت إلكترونات أكثر من الشبكة، وكلما وصلت إلكترونات أقل إلى الأنود والشاشة. ويحدد عدد الإلكترونات الذي يصل الشاشة سطوع الضوء. وعليه فإن الجهد السالب للشبكة يمكن استخدامه كضابط لسطوع الضوء. والسمة الأخرى في مدفع الإلكترونات هي استخدام الأنود. فيُسَرِّع الأنود في حالة الجهد الموجب الإلكترونات، فتتركز في شعاع دقيق أثناء مرورها خلال الأنود.

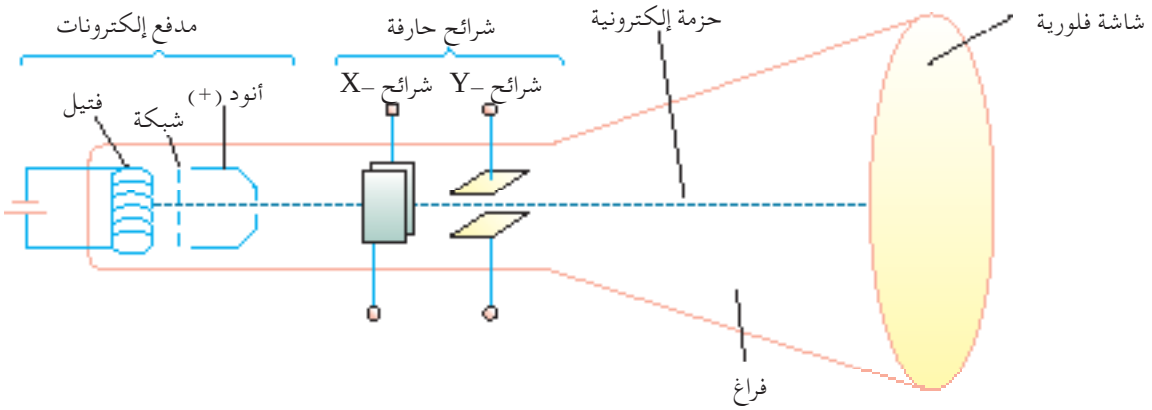
الشرائح الحارفة

يُثَبَّتْ زوجان من الشرائح في راسم الذبذبات الكاثودي. ويمكن تسليط فرق في الجهد على تلك الشرائح لتنحرف الحزمة الإلكترونية. وستسبب الشريحتان Y انحرافًا في الاتجاه الرأسي عند تسليط فرق في الجهد عبرهما. ومن الناحية الأخرى، ستجعل الشريحتان X الحزمة الإلكترونية تنحرف في الاتجاه الأفقي إذا سُلِّط فرق في الجهد عبرهما.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

شاشة الفلورية

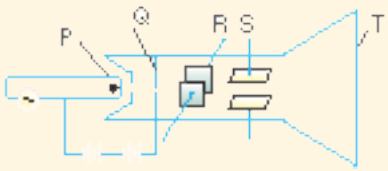
توضع طبقة من ملح فلورية مثل كبريتيد الزنك على الشاشة، وعند اصطدام الإلكترون بالشاشة فإنه يتسبب في إنتاج الملح لوميض من الضوء، ومن ثم نقطة ساطعة على الشاشة.



شكل 8 – 5 راسم ذبذبات كاثودي

أسئلة التقويم الذاتي

اذكر اسم، وحدد غرض مكونات راسم الذبذبات الكاثودي المشار إليها بالرموز P, Q, R, S, T في شكل 8 – 6.



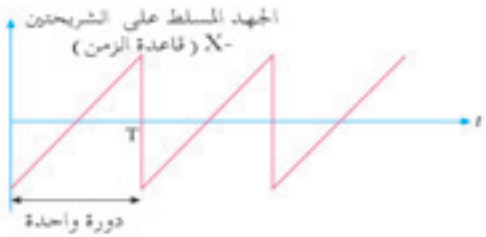
شكل 8 – 6

8 – 4 استخدام راسم الذبذبات الكاثودي

Using the C.R.O.

تعريف القاعدة الزمنية :

القاعدة الزمنية هي مقياس الزمن لراسم الذبذبات الكاثودي.



شكل 8 – 7 جهد القاعدة الزمنية مسلط على الشريحتين X-

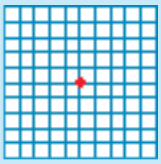
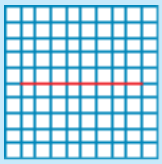
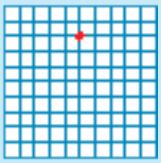
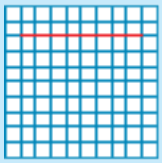
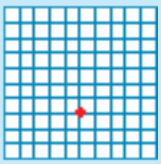
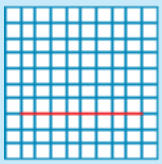
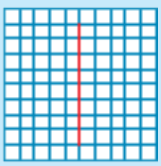
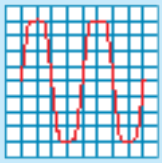
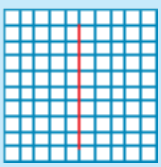
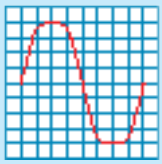
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

قياس الجهد

يسلط الجهد المطلوب قياسه على الشريحتين –Y عن طريق طرفي الدخل Y، ويتم إيقاف تشغيل القاعدة الزمنية. وعند تسليط الجهد على الدخل –Y، يتكون مجال كهربائي بين الشريحتين. وكما رأينا في الجزء 8 – 2 يتناسب انحراف الحزمة الإلكترونية بالمجال الكهربائي مع الجهد المستخدم. ويحدد اكتساب الدخل –Y حساسية راسم الذبذبات الكاثودي. فعلى سبيل المثال، اكتساب 0.5 V / لكل قسم يعني أنه بالنسبة لدخل 1.5 V سيكون الانحراف 3 أقسام.

ويبين شكل 8 – 7 انحراف الحزمة نتيجة جهود عديدة للتيار المستمر والتيار المتردد في حالة عدم تشغيل القاعدة الزمنية، ثم تشغيلها في الحالة الثانية.

شكل 8 – 7 راسم الذبذبات الكاثودي كفولتمتر

الدخل عند الشريحة –Y	اكتساب	القاعدة الزمنية لا تعمل	القاعدة الزمنية تعمل
لاتوجد مدخلات			
عمود كهربائي 1.5 V	0.5 V/لكل قسم		
عمود كهربائي معكوس –2 V	1 V/لكل قسم		
50 Hz تيار متردد أعلى جهد يساوي 20 V	5 V/لكل قسم		
25 Hz تيار متردد أعلى جهد يساوي 20 V	5 V/لكل قسم		

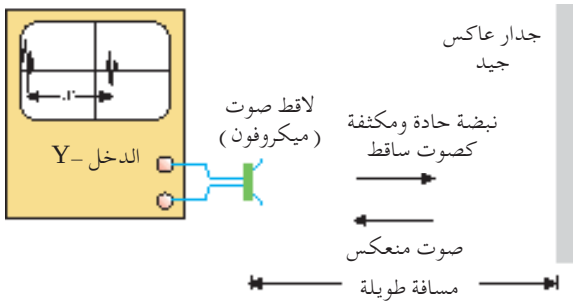
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

عرض أشكال موجية للجهد الكهربائي

عند تشغيل القاعدة الزمنية وباختيار تردد مناسب لها، يمكن عرض شكل موجي للجهد الكهربائي باستخدام راسم الذبذبات الكاثودي شكل (8 – 7). فالشكل الموجي للجهد الكهربائي المطلوب فحصه هو دخل عند الأطراف – Y .

قياس الفترات الزمنية القصيرة

يمكن استخدام راسم الذبذبات الكاثودي بقاعدة زمنية في حالة تشغيل لقياس الفترات الزمنية القصيرة، مثل الزمن المستغرق لانتقال الصوت جيئة وذهابًا لمسافة قصيرة. ويمكن بتحديد الزمن المستغرق وقياس المسافة المقطوعة معرفة سرعة الصوت، ويبين شكل (8 – 8) جهاز تجربة لقياس سرعة الصوت. فمتحدث / لاقط صوت (ميكروفون) يصدر نبضة الصوت، ويظهر ذلك كنبضة أولى على راسم الذبذبات الكاثودي، فترتد النبضة من الجدار ويتلقاها لاقط الصوت (الميكروفون) فيعرضها راسم الذبذبات كنبضة ثانية.



شكل 8 – 8 راسم الذبذبات الكاثودي كميقاتي

إن المسافة X، بين الإشارتين الموضحتين على الشاشة هي مقياس للزمن المستغرق لانتقال الصوت من لاقط الصوت (الميكروفون) إلى الجدار والعودة مرة أخرى. وعليه يمكن استنتاج سرعة الصوت.

8–5 مكونات الدائرة الكهربائية
Circuit Components

سندرس في هذا الجزء بعض المكونات الأساسية الموجودة في الدوائر الكهربائية في الإذاعة المرئية، والمذياع، والحاسوب، وأجهزة إلكترونية أخرى كثيرة. ويبين شكل(8 – 9) لوحة لدائرة كهربائية من جهاز مذياع، ونرى بوضوح المقاوِمات والمكثِّفات في الدائرة. وسنبدأ في دراستنا بالجهاز الأكثر شيوعًا: المقاومة.

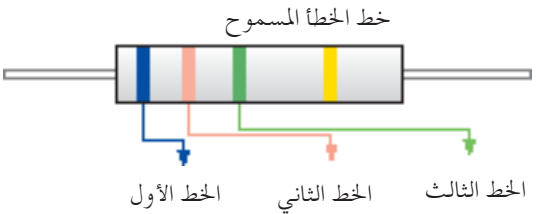
المقاومة

المقاومة جهاز يُستخدم للتحكم في كمية التيار المار عبر الدائرة. ولقد سبق تقديم المقاومة لك في الوحدة الثانية .

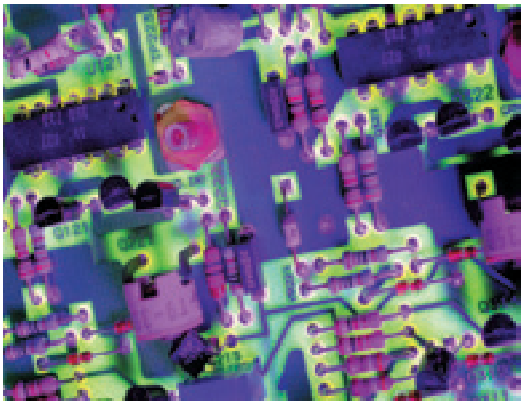
وتُعطَى القيمة والتفاوت المسموح للمقاومة بالخطوط الأربعة الملونة عليها شكل (8 – 10). وتشير ألوان الخطوط الثلاثة الأولى من اليسار إلى الرقم الأول، والثاني، وعدد الأصفار التي تلي هذين الرقمين الأولين، ويبين جدول(8 – 1)

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

رمـوز اللـون للخطوط . ويشـير الخط الرابع إلى الخطأ المسـموح للمقاومة : البني يسـاوي ± 1%، الأحمـر يسـاوي ± 2%، الذهبـي يسـاوي ± 5%، الفضي يساوي ± 10%، لا شيء يساوي ± 20% .



شكل 8 – 10 الخطوط الملونة للمقاومة



شكل 8 – 9 لوحة الدائرة الكهربائية للمذياع

جدول 8 – 1 رموز المقاومات

	اللون	الخط الأول = الرقم الأول	الخط الثاني = الرقم الثاني	الخط الثالث = عدد الأصفار
	أسود	0	0	0
	بني	1	1	1
ألوان قوس قزح (فيما عدا النيلي)	أحمر	2	2	2
	برتقالي	3	3	3
	أصفر	4	4	4
	أخضر	5	5	5
	أزرق	6	6	6
	بنفسجي	7	7	7
	رمادي	8	8	8
	أبيض	9	9	9

واعتبـار آخـر مهـم عند اسـتخدام المقاومات هو **معايرة القـدرة** . فمعايرة قـدرة المقاومة هي أقصـى معدل لتبدد الطاقة الكهربائيـة كحرارة قبل تلفها . يكـون عـادة عيـار قـدرة 0.25 W إلى 1 W مناسـبًا للاسـتخدام في معظم الدوائر الكهربائية .

وبجانب المقاوِمات ثابتة القيمة، توجد مقاومات متغيرة مثل الريوستات، والمقاومـات الحراريـة، والمقاومـات المعتمـدة علـى الضوء . ولقد سـبق وصف الريوستات في الجزء 2 – 4، وسندرس فيما بعد المقاومات الحرارية والمقاومات المعتمدة على الضوء .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية

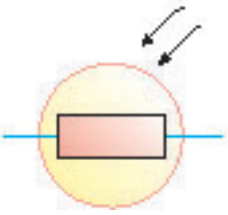
المقاومة الحرارية

المقاومة الحرارية جهاز تتأثر مقاومته بدرجة الحرارة، وتتناقص مقاومته مع زيادة درجة الحرارة. وتستخدم المقاومات الحرارية في تطبيقات مثل التحكم في درجة الحرارة، وقياس درجة الحرارة، وأجهزة إنذار الحريق.

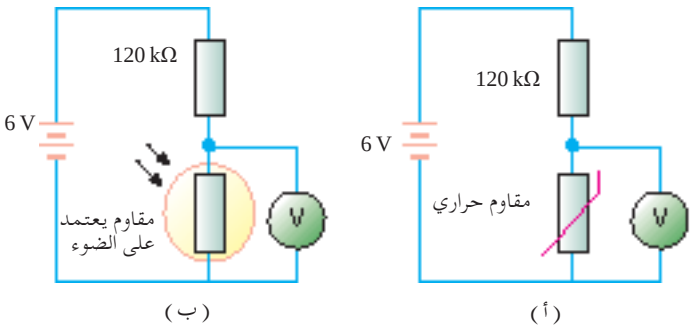
شكل 8 – 12 رمز المقاومة الحرارية

المقاومة المعتمدة على الضوء

تتغير قيمة تلك المقاومة مع كمية الضوء الساقط عليها. وتتناقص قيمة المقاومة مع زيادة كمية الضوء المشع عليها. وتكون قيمة المقاومة منخفضة جدًّا عند تعرضها لضوء ساطع، وتكون مقاومتها في الظلام عالية جدًّا. ويبين شكل 8 – 14 كلًّا من المقاومة الحرارية والمقاومة المعتمدة على الضوء في دائرة كهربائية متوالية بسيطة ذات مقاومة وفولتمتر متصلان عبر المقاومة المعتمدة على الضوء أو المقاومة الحرارية لقياس الجهد الكهربائي عبرهما. ويمكن أن تعمل الدائرة في شكل 8 – 14 (أ) كترمومتر. فعند ارتفاع درجة الحرارة، تقل قيمة المقاومة الحرارية، ويقل تبعًا لذلك فرق الجهد عبر المقاومة الحرارية، ومن ثم تقل القراءة على الفولتمتر. ويمكن لذلك، تحويل قراءات الفولتمتر إلى قراءات درجة حرارة.



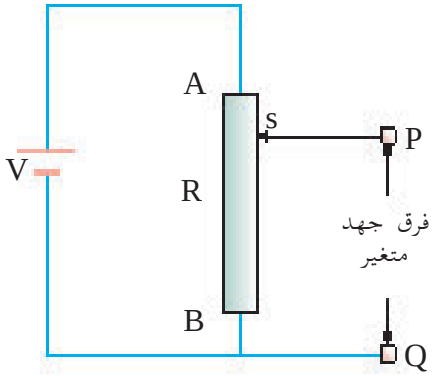
شكل 8 – 13 رمز المقاومة المعتمدة على الضوء



شكل 8 – 14 مقاومة حرارية ومقاومة تعتمد على الضوء كمحولات للدخل

وبالمثل في شكل 8 – 14 (ب)، تقل قيمة المقاومة المعتمدة على الضوء مع زيادة كثافة الضوء. ومرة ثانية سيرصد الفولتمتر قراءة أدنى لأن فرق الجهد عبر المقاومة المعتمدة على الضوء سينخفض. وعليه يتسبب التغير في كثافة الضوء في تغيرات بالجهد يرصدها الفولتمتر. أحد تطبيقات ذلك يكون في مقياس مدة التعريض الفوتوغرافي الذي يقيس كثافة الضوء. وتستفيد الدوائر الكهربائية من المتغيرات الفيزيائية للمقاومة الحرارية وللمقاومة المعتمدة على الضوء، وتحولها إلى إشارات كهربائية (جهد كهربائي). وتسمى مثل تلك الأجهزة **محوِّلات للدخل**.

مقياس فرق الجهد هو موزع جهد متغير، ويتكون (شكل 8 – 15) من مقاومة R (في المعتاد قطعة سلك ذات مقاومة عالية) متصلة عبر مصدر جهد كهربائي V. إن S هي منزلقة يمكن أن تتحرك من A إلى B. وعند وضع المنزلقة عند (A)، يكون فرق الجهد عبر PQ في أقصى درجة له، وفي هذه الحالة، يساوي V. وعند انزلاق S نحو (B)، يتناقص فرق الجهد عبر PQ. وعند وضع S عند (B) يصبح فرق الجهد عبر PQ صفرًا.



شكل 8 – 15 يمد مقياس فرق الجهد فرق جهد متغير عبر PQ

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

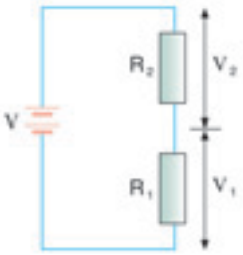
ولهذا فإن مقياس فرق الجهد أداة يمكنها إمداد فرق جهد متغير عبر الأطراف PQ . ويمكن أخذ أي كسر مطلوب من الجهد الكهربائي الكلي بالتحكم في الاتصال الانزلاقي .

موزع الجهد

يبين شكل 8 – 17 مقاومتين على التوالي متصلين بمنبع جهد كهربائي، V .

ويمكن توضيح أن فرق الجهد عبر R_1 كسر من الجهد الكهربائي V كما يعطى بالعلاقة : V

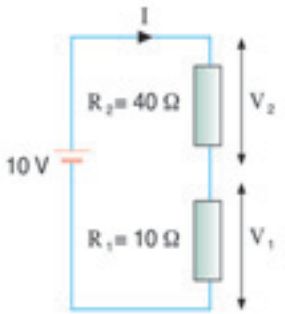
$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V$$.



شكل 8 – 16 موزع الجهد

تحـــد

ماذا تعتقد أن يكون فرق الجهد عبر R_2؟
ماذا تستنتج عن V ، V_2 ، V_1؟



شكل 8 – 17 مثال محلول 8 – 1

تحـــد

مـاذا تعتقد أن يكون تأثير تغيير المقاومات في المثال المحلول 8 – 1 إلى مقاومات 20 Ω ، 30 Ω؟

مثال محلول 8 – 1

يبين شكل 8 – 17 موزع جهد بمقاومات متوالية 10 Ω ، 40Ω .
أحسب :
(1) التيار المار عبر المقاومات .
(2) فرق الجهد عبر المقاومة 10 Ω .
(3) فرق الجهد عبر المقاومة 40 Ω .

الحـــل :

(1) المقاومة الكلية،

$$= 10 + 40$$
$$= 50\ \Omega$$

التيار، $I = \frac{V}{R_{total}}$

$$= \frac{10}{50}$$
$$= 0.2\ A$$

(2) فرق الجهد عبر 10 Ω،

$$V_1 = IR_1$$
$$= 0.2 \times 10$$
$$= 2\ V$$

(3) فرق الجهد عبر 40 Ω،

$$V_2 = IR_2$$
$$= 0.2 \times 40$$
$$= 8\ V$$

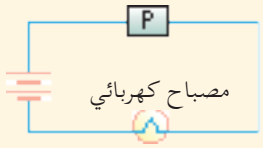
ويمكن استنتاج أن $V = V_1 + V_2$.
ويمكننا كذلك التحقق من أن

$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V$$
$$= \left(\frac{10}{10 + 40} \right) 10$$
$$= 2\ V$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية

أسئلة التقويم الذاتي

1 – يحتوي الصندوق P في الدائرة بشكل 8 – 18 على أحد المكونات الكهربائية. يضيء المصباح الكهربائي فقط عند اقتراب مصدر حرارة من P. ما المكون المحتمل وجوده في الصندوق P؟



شكل 8 – 18

2 – يمكن استخدام *المقاومات الحرارية والمقاومات المعتمدة على الضوء* كمحوِّلات للدخل. اشرح معنى المصطلحات المكتوبة بنمط مائل.

8–6 الدوائر الكهربائية التي تعمل بالمنطق الرقمي

Digital Logic Circuits

تطبق الدوائر المقلادية (التي تعمل كمفتاح قطع ووصل) في مجال من مجالات علم الإلكترونات يسمى المنطق الرقمي. ويتضمن الدخل والخرج في المنطق الرقمي مستويين فقط من الجهد الكهربائي: عالي (دائمًا 5 V+) أو منخفض (0 V). وتتضمن أمثلة كثيرة في حياتنا اليومية مستويين فقط، بمعنى صح أو خطأ. ومثال ذلك اتخاذ قرار الذهاب للمدرسة بالحافلة أو سيرًا على الأقدام. فإذا قررت الذهاب بالحافلة، فإن ذلك يعني كلمة «صح» للحافلة، وكلمة «خطأ» للسير على الأقدام. وبناءً على هذا النظام المنطقي، يمكن تصميم بوابات منطقية عديدة للحصول على قيمة منطقية معينة عند خرجها بناءً على مجموعات معينة من قيم منطق دخل. وبدلًا من كتابة صح وخطأ، سنستبدل كلمة «صح» بالرقم «1» وكلمة «خطأ» بالرقم «0».

البوابات المنطقية الأساسية الثلاث هي NOT, AND, OR، ويبين جدول 8 – 2 رموز وأعمال تلك البوابات الثلاث. الأعمال معطاة في شكل جدول التحقيق، وتكون المدخلات هي A، B، والخرج ممثل في C والأعمال أيضًا معطاة في جدول 8 – 2 بالألفاظ. ويمكن اشتقاق بوابات أخرى للمنطق، مهما كانت درجة تعقيدها، من البوابات المنطقية الثلاث. ويوجد في جدول 8 – 2 بوابتان شائعتان: NAND، وNOR وكما تقترح تلك الأسماء فإن البوابة NAND مكونة من بوابة AND متبوعة ببوابة NOT، بينما NOR مكونة من بوابة OR متبوعة ببوابة NOT.

هيا نفحص موقفًا نستفيد فيه من البوابات المنطقية. كلنا يألف آلة صرف النقود الذاتية بالمصرف لنفترض أن آلة معينة تسمح لك بسحب نقود فقط عند إدخال رقم حسابك ورقم هويتك. فإذا أدخلت رقم الحساب خطأ لن تدعك الآلة تسحب نقودًا. وبالمثل في حالة إدخال رقم الهوية خطأ لن تستطيع سحب نقود. في هذا الموقف، نمثِّل المدخلات برموز ACC وPIN.

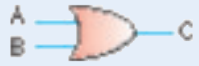
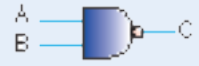
شكل 8 – 19 آله صرف النقود ATM

وعند الإدخال الصحيح تكون ACC = 1، PIN = 1. وعند الإدخال الخطأ تكون ACC = 0، وPIN = 0. وباستخدام القياس الذي ستعمل به آلة صرف النقود (أي آلة الصرف تساوي 1) فقط عندما ACC = 1، PIN = 1، سنضطر إلى استخدام البوابة AND (انظر شكل 8 – 19).

ATM = 1 فقط عندما PIN = 1، AND = 1.

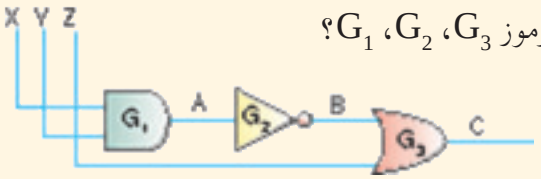
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

جدول 8 – 2 جداول رموز وواقع بوابات المنطق

	نوع البوابة	الرمز	جدول التحقيق	التعبير بالكلمات
1	NOT		A: 0, 1 / C: 1, 0	الخرج هو عكس أو نفي الدخل
2	AND		A: 0,0,1,1 / B: 0,1,0,1 / C: 0,0,0,1	يكون الخرج عاليًا إذا كان كل من المدخلين عاليًا
3	OR		A: 0,0,1,1 / B: 0,1,0,1 / C: 0,1,1,1	يكون الخرج عاليًا إذا كان دخل واحد أو أكثر عاليًا
4	NAND		A: 0,0,1,1 / B: 0,1,0,1 / C: 1,1,1,0	لايكون الخرج عاليًا فقط إذا كان كل دخل عاليًا
5	NOR		A: 0,0,1,1 / B: 0,1,0,1 / C: 1,0,0,0	لايكون الخرج عاليًا إذا كان دخل واحد أو أكثر عاليًا

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) ماذا تمثل الرموز G_3، G_2، G_1؟



شكل 8 – 20

(ب) أكمل جدول التحقيق التالي.

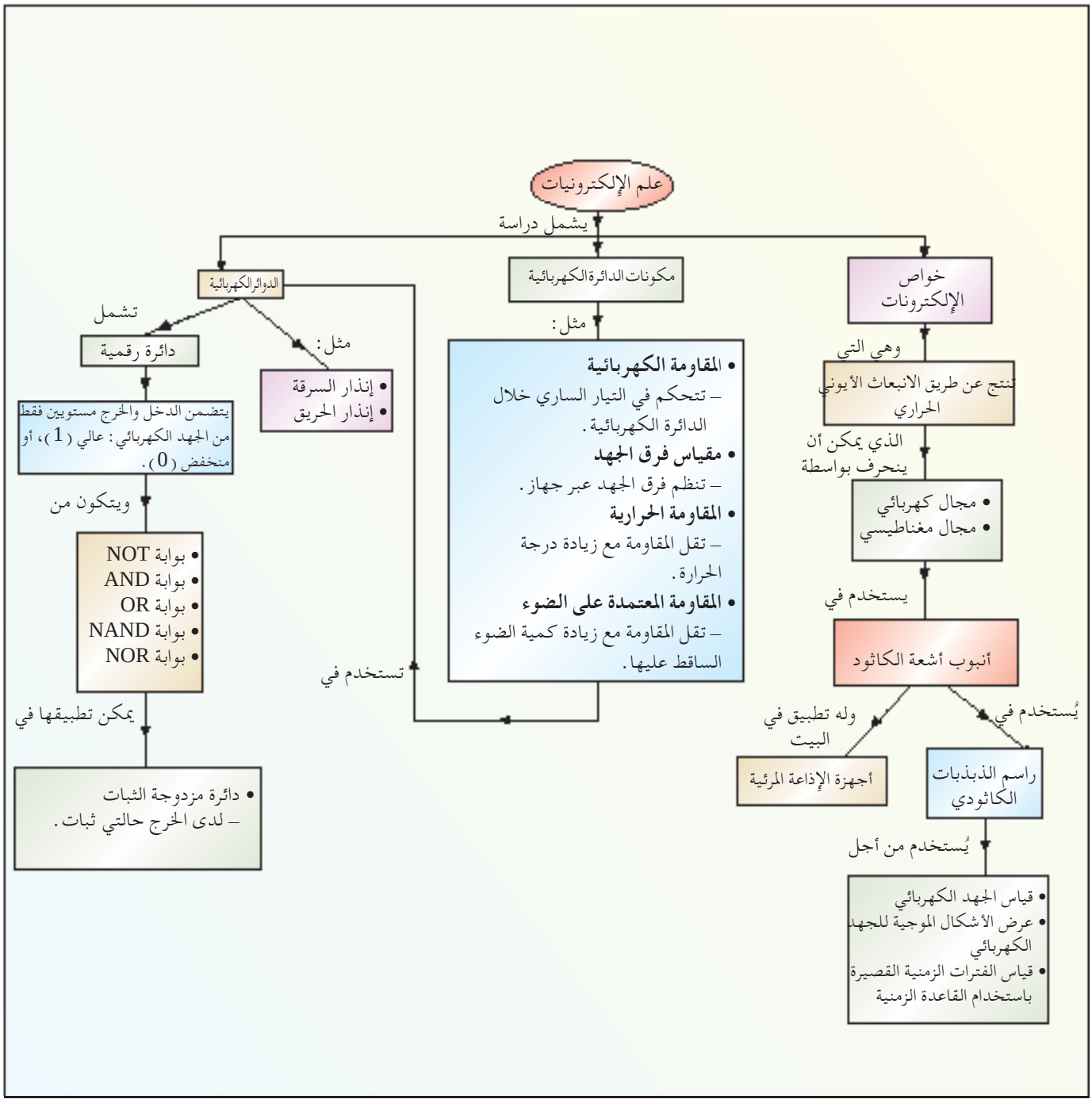
X	Y	A	B	Z	C
0	0			0	
0	1			0	
1	0			1	
1	1			1	

التربية الوطنية

الحاسوب دائمًا في طليعة التقانة. و"عقل" الحاسوب هو المعالجات الصغرى، والذاكرة. هل تعرف كيفية عمل البوابات المنطقية في تلك المعالجات الصغرى؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

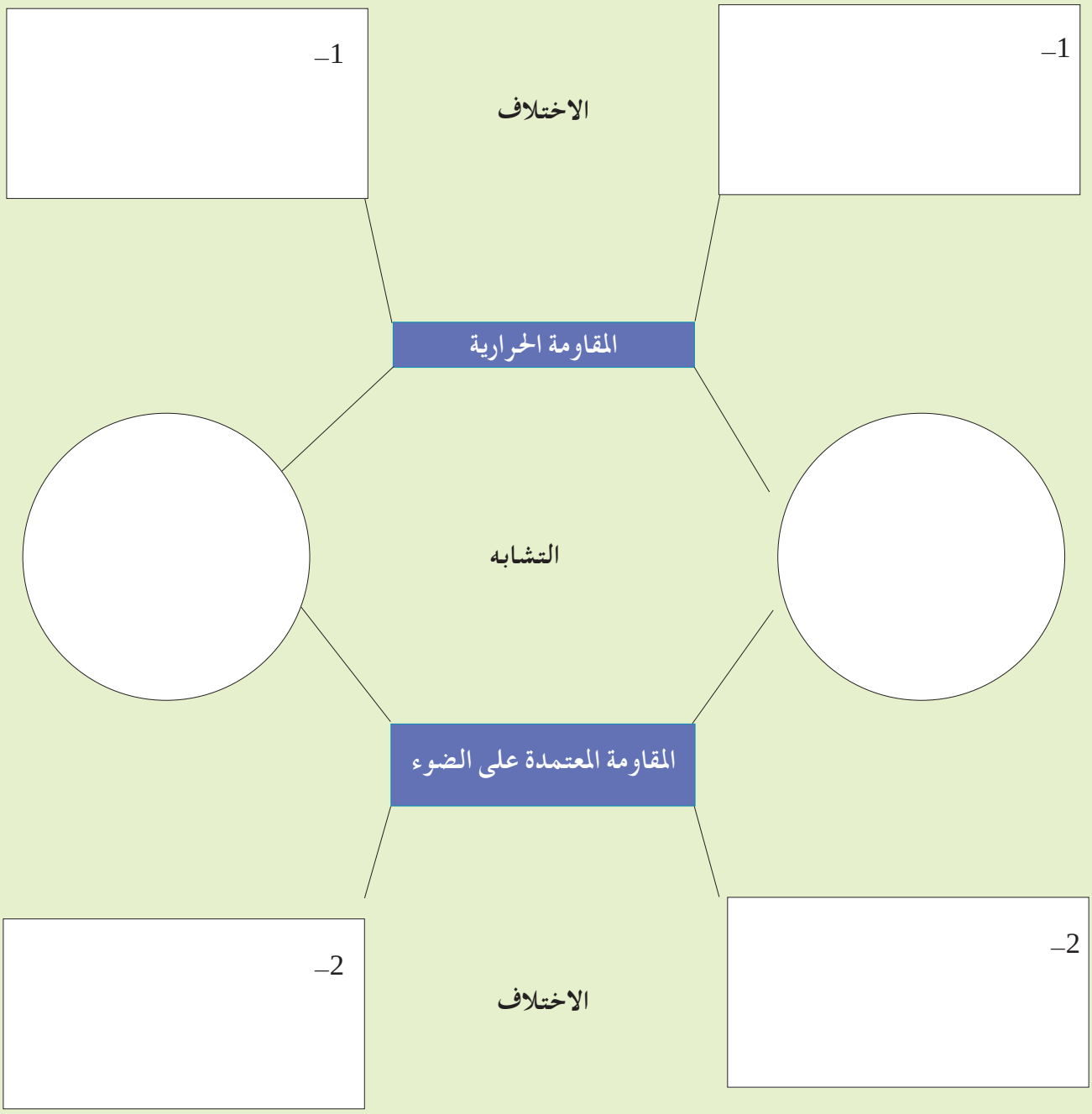
خريطة مفاهيم



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المهارة: المقارنة

شَكَّل اكتشاف الإلكترون عام 1897 أساسًا لعلم الإلكترونيات، والذي له تطبيقات على نطاق واسع. مكونان إلكترونيان يشيع استخدامهما هما المقاومة الحرارية والمقاومة المعتمدة على الضوء. أكمل المخطط البياني التالي لرصد تشابهين واختلافين بينهما، واذكر تطبيقًا حياتيًّا واحدًا لكل من المكونين الإلكترونيين.



مثال لتطبيق من الحياة للمقاومة الحرارية: _____

مثال لتطبيق من الحياة للمقاومة المعتمدة على الضوء: _____

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية

الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

1- تُعرف العملية التي تنبعث بها الإلكترونات بواسطة فتيل فلزي ساخن بـ . .

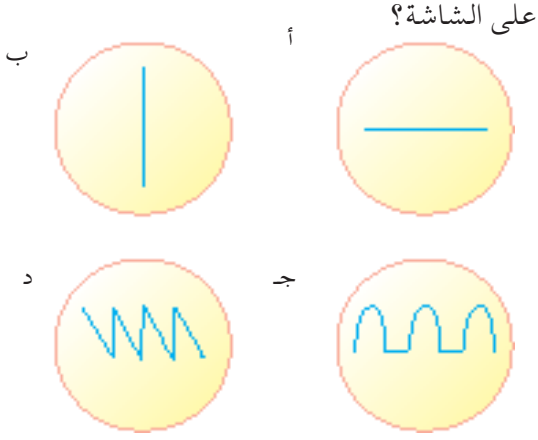
(أ) التبخر

(ب) الغليان .

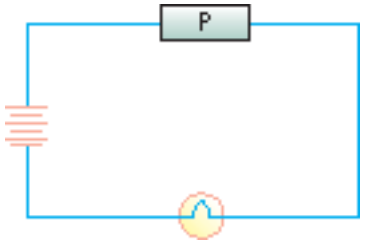
(جـ) الحمل الحراري .

(د) الانبعاث الأيوني الحراري .

2- القاعدة الزمنية لراسم ذبذبات كاثودي مقفلة . وعند تسليط جهد كهربائي لتيار متردد 50 Hz على الشريحتين – Y ، أي الأنماط التالية يمكن مشاهدتها على الشاشة؟



3- يحتوي الصندوق P في الدائرة التالية على مكون كهربائي . ويضيء المصباح فقط عند جلب مصدر ضوء بالقرب من P ومن الأرجح أن يكون الصندوق P . . .



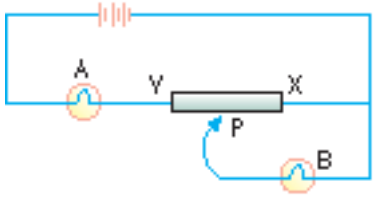
(أ) مكثف .

(ب) مقاومة حرارية .

(جـ) مُرَحِّل مغناطيسي .

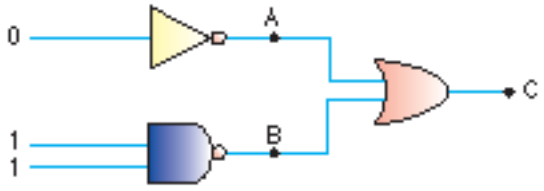
(د) مقاومة معتمدة على الضوء .

4- كيف ستتأثر شدة سطوع المصابيح A ، B في الدائرة عند تحرك المنزلق P من X إلى Y؟



	المصباح A	المصباح B
(أ)	لايتغير .	أكثر سطوعًا .
(ب)	أكثر سطوعًا .	أكثر سطوعًا .
(جـ)	أكثر ظلمة .	لا يتغير .
(د)	أكثر ظلمة .	أكثر سطوعًا .

5- ما قيم المنطق لكل من A ، B ، C في الدائرة المنطقية التالية :



(أ) $A = 0, B = 0, C = 0$.

(ب) $A = 1, B = 0, C = 0$.

(جـ) $A = 1, B = 0, C = 1$.

(د) $A = 0, B = 0, C = 1$.

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

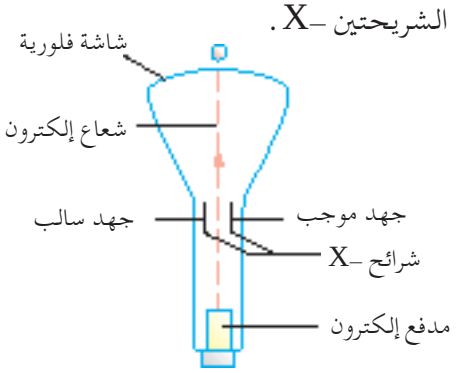
1- في أنبوب تفريغ كهربائي للهيدروجين، يُسَلَّط فرق جهد عالي بين الإلكترودات، مما يجعل الإلكترونات تتحرك تجاه الإلكترود الموجب، والبروتونات تجاه الإلكترود السالب . ما التيار الساري في الأنبوب لو مرت كل ثانية 1×10^{18} بروتون 4×10^{18} إلكترون خلال قطاع عرضي من الأنبوب؟ (شحنة واحد إلكترون، $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$) .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

2- (أ) يبين الرسم أنبوب شعاع كاثودي. حدد مع ذكر السبب، ما يُرى على الشاشة

(1) عند O قبل تشغيل المجال الكهربائي.

(2) عندما يُسلط المجال الكهربائي عبر الشريحتين X- .

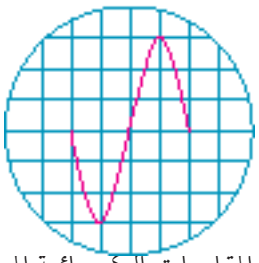


كيف يمكن إحداث نفس التأثير في (2) باستخدام مجال مغناطيسي. اشرح مع الرسم والبيانات.

(ب) يبين الرسم التالي عرض جهد لتيار متردد مسلط على الشرائح Y- لراسم ذبذبات كاثودي مع القاعدة الزمنية في حالة تشغيل.

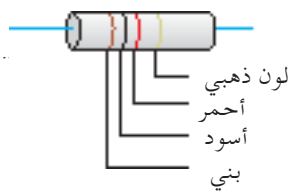
(1) إذا تناقصت سعة جهد التيار المتردد بعامل 3، ارسم الدورة الأولى الكاملة للعرض الجديد على الشاشة.

(2) إذا زادت القاعدة الزمنية بعامل 2، ارسم الدورة الأولى الكاملة للعرض الجديد على الشاشة.

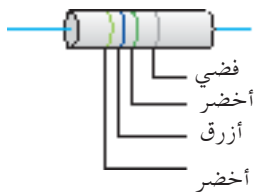


3- (أ) ما قيم المقاومات الكهربائية المعطاة:

(1) المقاومة =



(2) المقاومة =

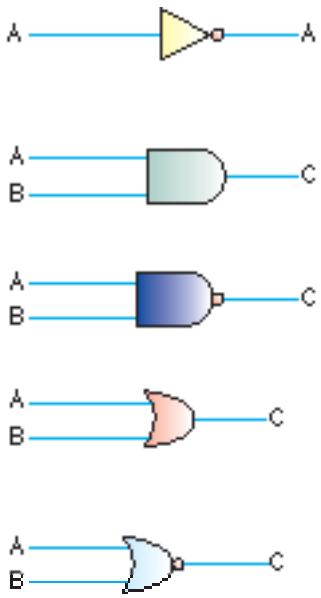


(ب) ما مقياس فرق الجهد؟

صف كيفية تجهيز أحد الطلبة مقياس فرق الجهد إذا أعطى الأدوات التالية: نضيدة، منزلق، مقاومة كهربائية في شكل سلك مقاومة طويل، بعض الوصلات.

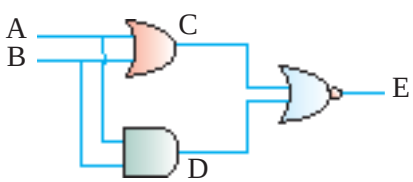
ضع على رسم الدائرة الموقعين الخاصين بتفريع أقصى وأدنى فرق جهد.

4- (أ) عين هوية البوابات المنطقية التالية، واكتب جداول الواقع الخاصة بها.



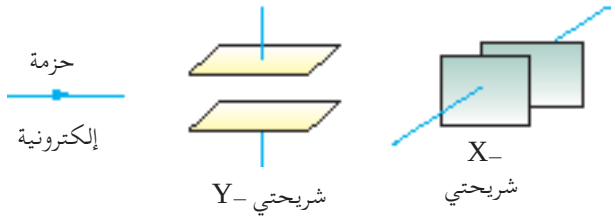
(ب) أكمل جدول التحقيق للدائرة المنطقية الكهربائية التالية:

A	B	C	D	E
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

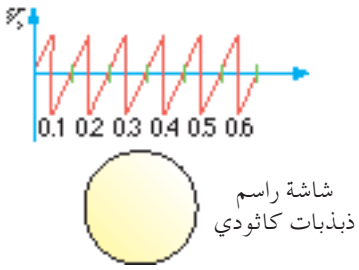


جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

5- في راسم ذبذبات كاثودي، يمر شعاع الإلكترون بين مجموعتين من شرائح متوازية مرتبة كما في الشكل التالي :

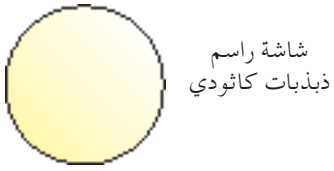


(أ) جهد كهربائي ذو قاعدة زمنية V_x، والذي يتغير كما هو مبين في الرسم البياني التالي، يُسلط على الشرائح X- .



أكمل الرسم لتبين مظهر الشاشة واشرح باختصار هذا المظهر .

(ب) V_y، خرج مولد كهربائي تيار متردد، يدور عضو الإنتاج الكهربائي به 20 مرة في الثانية، يُسلط الآن على الشريحتين Y- .

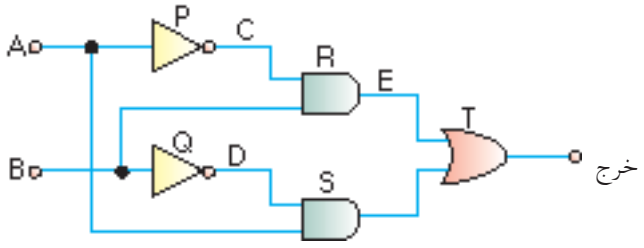


أكمل الرسم لتبين العرض المرئي الآن على الشاشة ثم فسر ذلك باختصار .

(جـ) ما المعلومات الإضافية التي تحتاجها لتتمكن من قياس أقصى جهد كهربائي يُنتجه المولد الكهربائي ؟

(د) اذكر خاصية واحدة للإلكترونات تجعل استخدام راسم ذبذبات كاثودي ممكنًا في تحديد الاختلافات السريعة في الجهد الكهربائي V_y .

6- يبين الشكل التالي جهاز بوابات منطقية له عدد من الاستخدامات المختلفة .



(أ) البوابات المنطقية لها مسميات هي P، Q، R، S، T . أي منها :

(1) بوابات AND .

(2) بوابات NOT .

(3) بوابات OR .

(ب) انسخ وأكمل جداول التحقيق التالي لحالات المنطق عند النقاط E، D، C .

A	C

B	D

C	B	E

(جـ) جدول التحقيق للجهاز كله مايلي :

B	A	الخرج
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

اذكر واشرح كيفية اختلاف جدول التحقيق هذا عن جدول التحقيق للبوابة OR .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 9

النشاط الإشعاعي، والذرة النووية

Radioactivity and the Nuclear Atom

مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف:

- تذكر اسم الكشاف الشائع لجسيمات ألفا، وبيتا، وأشعة جاما (غير مطلوب معرفة تركيب ونمط تشغيل الكشاف).
- تبين فهمًا بأن الانبعاثات المشعة تحدث بشكل عشوائي في الفضاء، وبمرور الزمن.
- تفرّق بين الأنواع الثلاثة للانبعاث بدلالة:
  (1) طبيعتها
  (2) تأثيرها الأيوني النسبي
  (3) قدراتها الاختراقية النسبية
- تصف انحراف الانبعاثات المشعة في المجالات الكهربائية، والمجالات المغناطيسية.
- تشرح المقصود بالتحلل الإشعاعي مستخدمًا معادلات (تشمل رموزًا) لتمثيل التغيرات في تكوين النواة عند انبعاث الجسيمات.
- تناقش وجود، وأصل، وأهمية إشعاع الخلفية.
- تفسر المقصود بمصطلح: عمر النصف.
- تطبق فهم عمر النصف لحل مشكلات بسيطة والتي قد تشمل جداول معلومات أو منحنيات تحلل.
- تصف كيفية معالجة، واستخدام، وتخزين المواد المشعة بطريقة آمنة.
- تصف تكوين النواة بدلالة البروتونات والنيوترونات.
- تُعرّف المصطلحات: العدد البروتوني (العدد الذري) Z، العدد النووي (العدد الكتلي)، A.
- تفسر مصطلح: النويدة، وتستخدم رمزها ${}^{A}_{Z}X$
- تُعرّف مصطلح: النظير، وتشرح مستخدمًا رمز النويدة، أن عنصرًا واحدًا قد يكون له عدد من النظائر.

سندرس في الوحدة الأخيرة من هذا الكتاب موضوعين يجيبان عن السؤال: مِمَّ تصنع المادة؟ والموضوعان هما النشاط الإشعاعي، والذرة النووية. ولقد اكتشف النشاط الإشعاعي، عندما لاحظ العلماء قدرة ذرات مشعة معينة على بعث إشعاع نتيجة تحللها. وسندرس خصائص ذلك الإشعاع، ونحاول فهم تحلل الذرات المشعة بدلالته. وعند دراسة الذرة النووية، سنناقش تركيب الذرة بدلالة النواة والإلكترونات.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية ـ ليبيا

9 – 1 اكتشاف النشاط الإشعاعي

The Discovery of Radioactivity

شكل 9 – 1 ماري كوري إحدى المكتشفات الأوائل للنشاط الإشعاعي

اكتشف في عام 1896 العالم الفرنسي هنري بيكريل بطريقة عرضية أن الإشعاع المنبعث من مركبات اليورانيوم أثّر على شرائح فوتوغرافية حتى بعد تغليفها في ورق أسود. ولاحظ كذلك أن للإشعاع قدرة على تأيين أي غاز.

واهتمت ماري كوري وزوجها بيير بعمل بيكريل، واكتشفا عام 1898 أن البولونيوم والراديوم لهما نفس التأثيرات التي اكتشفها بيكريل.

ووصفت ماري كوري تلك العناصر (مثل البولونيوم، والراديوم) التي تبعث ذلك الإشعاع غير المرئي كعناصر مشعة، واستخدمت مصطلح النشاط الإشعاعي لوصف تلك الظاهرة.

وأظهر العمل اللاحق لعلماء آخرين أن المواد المشعة تبعث ثلاثة أنواع من الإشعاع تُعرف بجسيمات ألفا، وجسيمات بيتا، وأشعة جاما. وسُمّيَت أنواع الإشعاع الثلاثة ألفا، وبيتا، وجاما لأن الطبيعة الدقيقة لتلك الأنواع من الإشعاع لم تكن معروفة في ذلك الوقت.

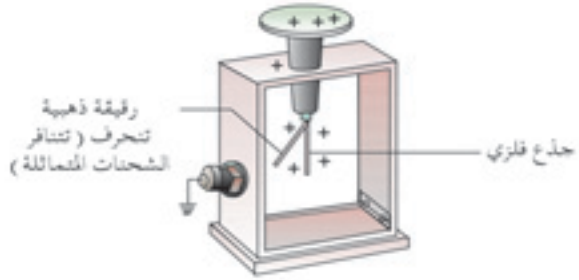
الأنواع الثلاثة للانبعاثات الإشعاعية هي
- جسيمات ألفا
- جسيمات بيتا
- أشعة جاما

9 – 2 الكشف عن النشاط الإشعاعي

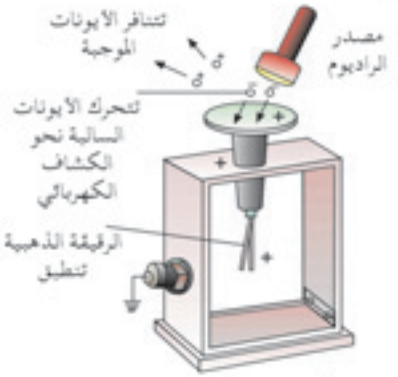
Detection of Radioactivity

توجد ثلاثة طرق شائعة أخرى للكشف عن النشاط الإشعاعي بالإضافة إلى الطريقة الفوتوغرافية التي اكتشفها بيكريل:

1- الكشاف الكهربائي ذو الرقيقة الذهبية



شكل 9 – 2 كشاف كهربائي موجب الشحن



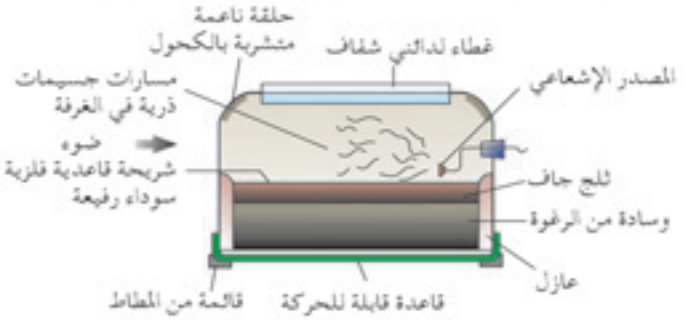
شكل 9 – 3 الكشاف الكهربائي المشحون يتعادل

يبين شكل 9 – 2 كشافًا كهربيًا موجب الشحنة والرقيقة الذهبية في وضع انحراف.

وفي شكل 9 – 3، عند جلب مصدر راديوم بالقرب من غطاء الكشاف الكهربائي موجب الشحنة، يؤين الإشعاع المنبعث من مصدر الراديوم جزيئات الهواء فوق الغطاء. ولأن الغطاء موجب الشحن، فإن الأيونات الموجبة تتنافر، بينما تنجذب الأيونات السالبة إلى الغطاء. وعند الوصول إلى الغطاء، يتعادل الكشاف الكهربائي موجب الشحن بواسطة الأيونات السالبة القادمة إليه، ومن ثم تنطبق الرقيقة الذهبية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

2- غرفة سحابة الانتشار (غرفة ينتشر بها السحاب)



شكل 9 – 4 غرفة سحابة الانتشار

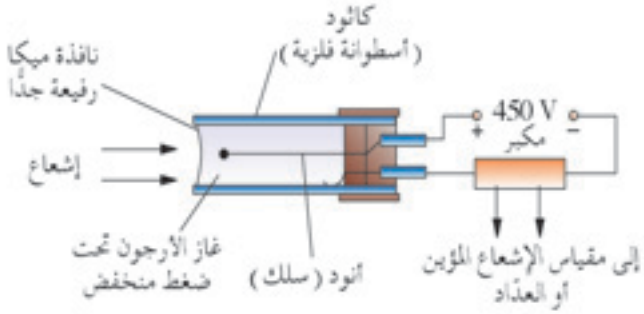
يُبرَّد الهواء المحتوي على بخار كحول في الغرفة بواسطة "ثلج جاف" (ثاني أكسيد الكربون الصلب عند 78°C–) موضوع أسفل شريحة قاعدية فلزية سوداء رفيعة. وعند وضع مصدر إشعاعي داخل الغرفة حتى يمر الإشعاع الناتج منه خلال البخار، تتكون مسارات في بخار الكحول الكثيف نظرًا لتكثفه على الأيونات المكوِّنة. ويمكن رؤية تلك المسارات بالنظر خلال الغطاء اللدائني الشفاف، وتبدو بيضاء مقابل الشريحة القاعدية السوداء للغرفة. ويبين جدول 9 – 1 المسارات التي تنتجها الأنواع الثلاثة المختلفة للإشعاع.

جدول 9 – 1 الكشف عن الأنواع المختلفة للإشعاع باستخدام غرفة سحابة الانتشار

نوع الإشعاع	المسارات المكوِّنة	طبيعة المسارات
جسيمات ألفا (α)	شكل 9 – 5 مسارات جسيمات ألفا	المسارات مستقيمة وسميكة. ويبين ذلك أن جسيمات ألفا ذات تأين قوي جدًّا. والمسارات تكون ذات أطوال مختلفة إذا كان لدى جسيمات ألفا كميات مختلفة من الطاقة الحركية.
جسيمات بيتا (β)	شكل 9 – 6 مسارات جسيمات بيتا	المسارات ملتوية وأرفع. وتبين المسارات الملتوية أنه على عكس جسيمات ألفا تنحرف جسيمات بيتا بسهولة نتيجة الاصطدام بجزيئات البخار. وتبين المسارات الأرفع أن جسيمات بيتا أقل تأينًا مقارنة بجسيمات ألفا.
جسيمات جاما (γ)	شكل 9 – 7 أشعة جاما	المسارات قصيرة، ورفيعة، وغير منتظمة. ويبين ذلك أن أشعة جاما هي الأقل تأينًا.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

3- أنبوب جيجر – مولر



شكل 9 – 8 أنبوب جيجر – مولر

إن أنبوب جيجر – مولر (شكل 9 – 8) متعدد الاستخدامات هو الأكثر نفعًا وحساسية بين جميع أجهزة الكشف. وعند دخول الإشعاع المؤين (ألفا، بيتا، جاما) الأنبوب عن طريق نافذة ميكا الرفيعة، تتأين ذرات الأرجون إلى ثنائيات من إلكترون وأيون – الأرجون.

وتتسارع عندئذ تلك الإلكترونات الحرة نحو الأنود (السلك الرفيع) الموضوع بطول محور الكاثود الأسطواني. وتتسبب تلك الإلكترونات المتسارعة في تأين إضافي لذرات الأرجون بالاصطدام بها، ومن ثم تنتج سيلًا من الإلكترونات التي تُجمع في الحال تقريبًا عن طريق الأنود.

وتنجذب الأيونات موجبة الشحن نحو الكاثود. وينتج عن تجمع الإلكترونات وأيونات الأرجون عند القطبين نبضة تيار كهربائي، والتي تتضخم بعد ذلك وترسل إلى العداد.

إن لدى مقياس الإشعاع المؤين عدادًا ذا علامات كل ثانية (أو كل دقيقة) والتي يمكن قراءة متوسط معدل النبضة منها. ويوضع عادة مكبّر صوت صغير في المقياس ليعطي نقرة لكل نبضة، ويعد العداد النبضات ويبين مجموع ما تلقاه خلال وقت معين.

ويبين شكل 9 – 9 التركيب الكلي لأنبوب جيجر – مولر المتصل بمقياس الإشعاع المؤين الذي يُستخدم للكشف عن إشعاع مصدر مشع معين.

وعند إزالة المصدر المشع في شكل 9 – 9 سيرصد عادة أنبوب جيجر – مولر بين 20 إلى 50 عدة في الدقيقة. وتُعرف تلك الظاهرة **بتعداد الخلفية** والتي هي نتيجة إشعاع خلفي قد ينتج عن تلوث إشعاعي للكاشف أوما يحيط به. وقد تكون أيضًا نتيجة إشعاع كوني داخلًا إلى الغلاف الجوي للكرة الأرضية من الفضاء الخارجي. وفي التجارب حيث يكون معدل الانبعاث من المواد المشعة منخفضًا، يجب طرح تعداد الخلفية من المقاييس المأخوذة. وفي التجارب حيث يكون معدل الانبعاث من المصادر المشعة عاليًا (وليكن 5000 كل دقيقة)، يمكن تجاهل تعداد الخلفية دون التأثير على دقة النتائج.

شكل 9 – 9 الكشف عن النشاط الإشعاعي بواسطة أنبوب جيجر – مولر المتصل بمقياس الإشعاع المؤين

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

9 – 3 خصائص الأنواع الثلاثة للإشعاع

Characteristics of the Three Kinds of Radiation

طبيعة الإشعاع

شعاع ألفا هو سيل من نوى هيليوم، أي أن جسيم ألفا في الواقع نواة هيليوم موجبة الشحن، تشمل اثنين من البروتونات واثنين من النيوترونات. إنه جسيم مستقر جدًا.

وشعاع بيتا هو سيل من إلكترونات ذات طاقة عالية، أي أن جسيم بيتا في الواقع إلكترون سالب الشحن، ويتكون بعملية اضمحلال نووي.

وشعاع جاما هو شعاع كهرومغناطيسي عالي التردد، أي أن إشعاع جاما موجات كهرومغناطيسية ذات طول موجي قصير جدًا.

جدول 9 – 2

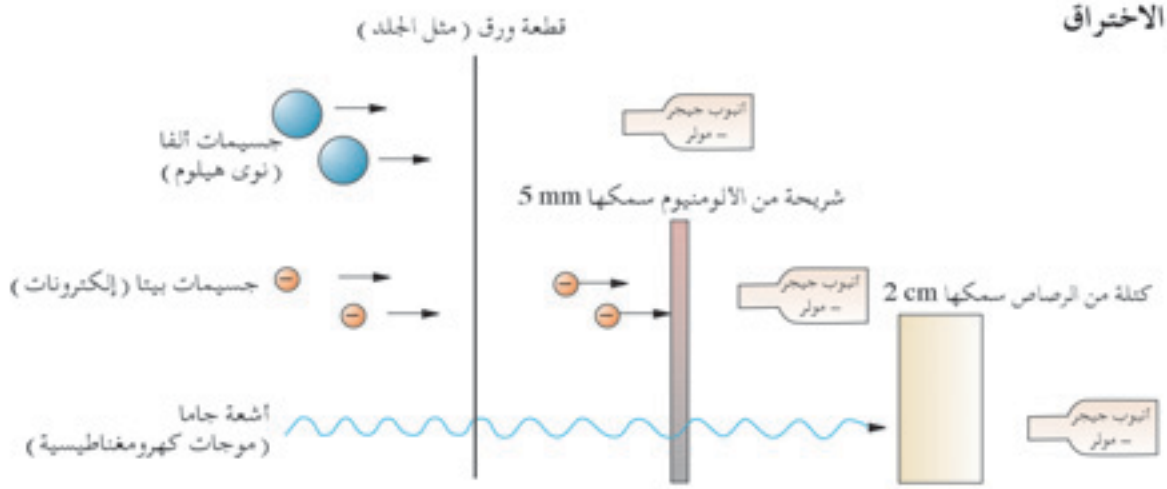
الإشعاع	الطبيعة
جسيم ألفا (α)	نواة هيليوم
جسيم بيتا (β)	إلكترون
شعاع جاما (γ)	موجة كهرومغناطيسية عالية التردد

قدرة التأين

عند اصطدام جسيم سريع التحرك مثل جسيم ألفا أو بيتا بذرة ما، قد ينبعث إلكترون من الذرة مؤديًا إلى أيون مشحون. وكما نوقش في غرفة سحابة الانتشار (انظر الجزء 9 – 2)، فإن لدى جسيمات ألفا أقصى قدرة تأيين مقارنة بجسيمات بيتا وأشعة جاما لأنها تنتج أكبر عدد من الأيونات في مساراتها. ومقارنة بأشعة جاما فإن جسيمات بيتا أكثر تأيينًا.

قدرة التأين
ألفا > بيتا > جاما

قدرة الاختراق



شكل 9 – 10 القدرات الاختراقية النسبية لأنواع الإشعاع الثلاثة

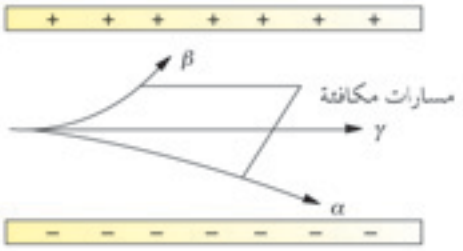
يبين شكل 9 – 10 القدرة الاختراقية النسبية لأنواع الإشعاع الثلاثة. ومن شكل 9 – 10 نلاحظ إيقاف قطعة من الورق جسيمات ألفا بسهولة، في حين تخترق جسيمات بيتا وأشعة جاما الورقة بسهولة. ويبين ذلك أن لدى جسيمات ألفا أقل قدرة على الاختراق، ويبلغ في الواقع مداها في الهواء عدة سنتيمترات قليلة فقط. إن مدى جسيمات بيتا في الهواء عدة أمتار، ولكن يمكن أن توقفها شريحة من الألومنيوم سمكها 5 mm. أما أشعة جاما فهي الأكثر اختراقًا لأن لها مدى يصل إلى عدة مئات من الأمتار في الهواء، ولا يمكن إيقافها إلا بدرع من الرصاص سمكه 2 cm.

قدرة الاختراق
جاما > بيتا > ألفا

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والوحدة التربوية ـ لبنان

الانحراف بواسطة مجالات كهربائية ومغناطيسية

يبين شكلا 9 – 11، 9 – 12 كيفية تأثر تلك الأنواع الثلاثة للإشعاع بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية على التوالي.



شكل 9 – 11 انحراف بواسطة مجال كهربائي

مسارات دائرية

شكل 9 – 12 انحراف بواسطة مجال مغناطيسي

وتبين الانحرافات بواسطة المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي أن جسيمات ألفا موجبة الشحن، وأن جسيمات بيتا سالبة الشحن وأن أشعة جاما متعادلة. ويلخص جدول 9 – 3 خصائص الأنواع الثلاثة للإشعاع.

جدول 9 – 3 خصائص الأنواع الثلاثة للإشعاع

أنواع الإشعاع	جسيمات ألفا (α)	جسيمات بيتا (β)	جسيمات جاما (γ)
الطبيعة	نوى الهيليوم	إلكترونات	موجات كهرومغناطيسية
التأثير المؤين	قدرة كبيرة على التأين	قدرة صغيرة على التأين	لاتأين تقريبًا
الاختراق النسبي	1 أقل اختراق	100	10 000 اختراقي جدًّا
انحراف في المجالات المغناطيسية والكهربائية	تنحرف مثل الجسيمات موجبة الشحن	تنحرف مثل الجسيمات سالبة الشحن	لا تنحرف
السرعة	$10^7\ m\ s^{-1}$	أقل قليلًا من $3 \times 10^8\ m\ s^{-1}$	$3 \times 10^8\ m\ s^{-1}$

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) أي أنواع الإشعاع يمكن إيقافه بالومنيوم سمكه 5 mm؟

(ب) ما الدليل التجريبي على أن جسيمات ألفا لها أكبر قدرة تأين؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

9-4 عمر النصف وقياسه

Half-life and its Measurement

الاضمحلال الإشعاعي

يحدث الانبعاث الإشعاعي لجسيمات ألفا (α)، أو جسيمات بيتا (β)، أو أشعة جاما (γ) نتيجة للاضمحلال الإشعاعي. ويشير الاضمحلال الإشعاعي إلى العملية التي تتفكك فيها مجموعة من النوى غير المستقرة لكي تصبح أكثر استقرارًا. لا تتأثر عملية الاضمحلال الإشعاعي هذه بأي:

1- اتحادات أو تفاعلات كيميائية.
2- تغير في الشروط الفيزيائية مثل درجة الحرارة، والضغط، والمجالات الكهربائية، والمجالات المغناطيسية، ..... إلخ.

وبما أن الاضمحلال الإشعاعي لا يتأثر بالاتحادات الكيميائية أو الشروط الخارجية الأخرى، **فإن الانبعاثات الإشعاعية تحدث عشوائيًا في الفضاء ومع الزمن**. وبمعنى آخر من المستحيل تحديد أي نواة ستتفكك ومتى بالضبط ستتفكك تلك النواة.

الانبعاث الإشعاعي عملية عشوائية، أي من المستحيل تحديد أي نواة بالضبط ستتفكك ومتى.

ولبيان حدوث الانبعاث الإشعاعي عشوائيًا في الفضاء، يمكن وضع عدد قليل من أنابيب جيجر – مولر بالقرب من مصدر مشع على أن تكون الأنابيب متساوية البعد عنه. سنلاحظ أن معدلات التعداد لن تكون متساوية بالضبط.

ولبيان حدوث الانبعاث الإشعاعي عشوائيًا مع الزمن، نحتاج مصدرًا مشعًا عمر النصف له طويل. ضع أنبوب جيجر – مولر بالقرب من ذلك المصدر، وحدد عدد التفككات خلال دقيقة واحدة. سيعطينا ذلك معدل التعداد. كرر عملية تحديد معدل التعداد عدة مرات. ولأن عمر النصف للمصدر المشع طويل نتوقع أن تكون معدلات التعداد هي نفسها، ولكن تبين القراءات تقلبات بسيطة حول المتوسط. إن كلًا من تذبذب إبرة مقياس الإشعاع المؤين وأصوات النقر غير المنتظم من المكبر تؤكد أيضًا الطبيعة العشوائية للاضمحلال الإشعاعي.

عمر النصف

بما أن الاضمحلال الإشعاعي عملية عشوائية، فإن معدل الاضمحلال يتناسب مع عدد النوى غير المستقرة الموجودة، وعند اضمحلال عينة من عنصر مشع، يضمحل جزء ثابت من العدد الكبير من النوى غير المستقرة في مدة زمنية معينة. إن أحد مقاييس معدل الاضمحلال هو عمر النصف للعنصر المشع.

ويُعرَّف عمر النصف لعينة من عنصر إشعاعي بأنه الزمن المستغرق لاضمحلال نصف النوى غير المستقرة.

إن لكل عنصر إشعاعي عمر نصف يختص به. فعمر النصف للراديوم على سبيل المثال 1600 عام، بينما عمر النصف للصوديوم الإشعاعي حوالي 15 ساعة فقط. ويعني ذلك أنه إذا كان لدينا عشرة ملايين نواة مشعة لكل من الراديوم والصوديوم، فسيستغرق الأمر 1600 عام قبل اضمحلال 5 ملايين نواة من الراديوم، بينما يضمحل نفس العدد من نوى الصوديوم خلال 15 ساعة فقط.

ولقياس عمر النصف لأي مادة مشعة، يجب قياس معدل الاضمحلال (المعروف كذلك **بالنشاط**) عند أوقات مختلفة. ويمكن بسهولة معرفة معدل الاضمحلال أو النشاط عند أوقات مختلفة بإيجاد معدل التعداد مستخدمين أنبوب جيجر – مولر ومقياس الإشعاع المؤين.

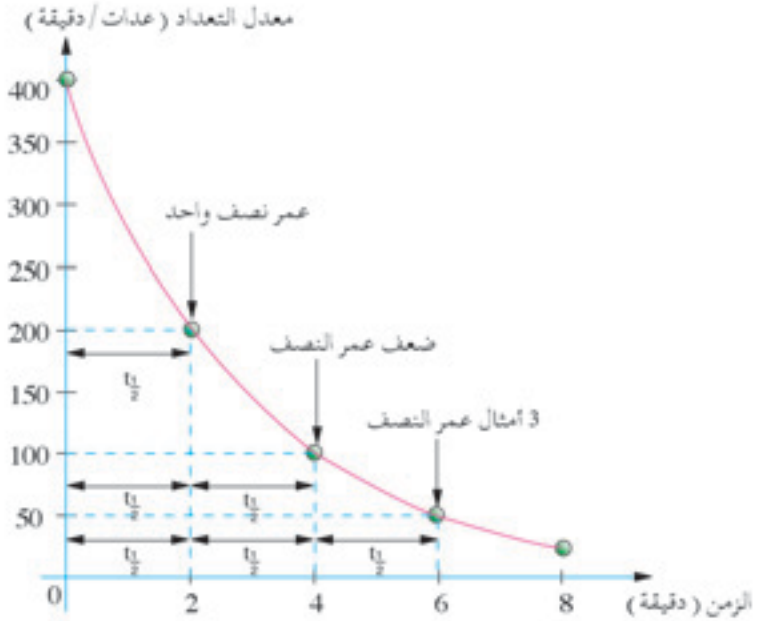
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية ـ لـ

يبين جدول 9 – 4 عينة لمجموعة من نتائج معدل التعداد تم الحصول عليها عند أوقات مختلفة لمادة مشعة معينة.

جدول 9 – 4

معدل التعداد (عدات / دقيقة)	400	200	100	50	25
الزمن (دقيقة)	0	2	4	6	8

وبرسم العلاقة البيانية لمعدل التعداد مقابل الزمن، نحصل على منحنى اضمحلال كما هو مبين في شكل 9 – 13، والذي يتبين منه أن عمر النصف ($t_{\frac{1}{2}}$) للمادة المشعة دقيقتان.



شكل 9 – 13 منحنى اضمحلال نموذجي يمكن منه إيجاد عمر النصف ($t_{\frac{1}{2}}$)

مثال محلول 9 – 1

يتناقص نشاط عينة من البزموث الإشعاعي خلال 15 يوم إلى ثُمن نشاطها الأصلي. احسب عمر النصف للبزموث الإشعاعي؟

الحل:

المعطيات: النشاط النهائي بعد 15 يوم هو $\frac{A_0}{8}$ حيث A_0 تساوي النشاط الأصلي.

ولنفترض أن عمر النصف البزموث هو $t_{\frac{1}{2}}$.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الزمن (اليوم)	صفر	عمر النصف	ضعف عمر النصف	3 أمثال عمر النصف
النشاط	النشاط الأصلي	النشاط الأصلي / 2	النشاط الأصلي / 4	النشاط الأصلي / 8

من التحليل السابق، يتناقص النشاط إلى ثُمن النشاط الأصلي في مدة ثلاثة أمثال عمر النصف.

لهذا ثلاثة أمثال عمر النصف تساوي 15

عمر النصف الواحد يساوي 5 أيام.

مثال محلول 9 – 2

حُصل على البيانات التالية من تجربة باستخدام عينة من مادة مشعة وعداد جيجر – مولر.

الزمن (دقيقة)	0	2	4	6	8
معدل التعداد (عدات / دقيقة)	285	155	80	40	20

أوجد باستخدام منحنى بياني مناسب عمر النصف للعينة المشعة المعطاة.

الحـــل:

لنفترض أن عمر النصف للعينة المشعة المعطاة هو $t_{\frac{1}{2}}$.

لإيجاد عمر النصف للعينة، ارسم العلاقة البيانية لمعدل التعداد مقابل الزمن للحصول على منحنى الاضمحلال (انظر شكل 8 – 14).

ومن الرسم البياني:

عمر النصف الأول لكي يتناقص معدل التعداد من 200 إلى 100 يعطى بما يلي:

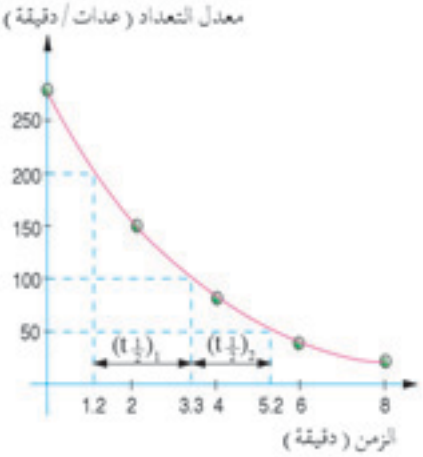
عمر النصف الأول، $(t_{\frac{1}{2}})_1 = 3.3 - 1.2 = 2.1$ دقيقة

عمر النصف الثاني لكي يتناقص معدل التعداد من 100 إلى 50 يعطى بما يلي:

عمر النصف الثاني، $(t_{\frac{1}{2}})_2 = 5.2 - 3.3 = 1.9$ دقيقة

ولهذا، عمر النصف، $t_{\frac{1}{2}} = \frac{(t_{\frac{1}{2}})_1 + (t_{\frac{1}{2}})_2}{2} = \frac{2.1 + 1.9}{2} = 2.0$ دقيقة

ملحوظة: السبب في إيجاد قيمتين لعمر النصف ثم أخذ المتوسط هو الحصول على عمر النصف أكثر دقة بتقليل أي أخطاء عشوائية.



شكل 9 – 14

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية ـ ليبيا

أسئلة التقويم الذاتي

كيف يكون عمر نصف مادة مشعة مقياسًا لمعدل الاضمحلال؟

9 - 5 الإشعاع والناس - الاستخدامات، والأخطار، والاحتياطات

Radiation and People - Uses, Hazards and Precautions

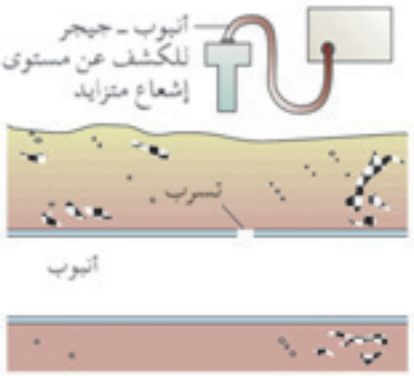
استخدامات المواد المشعة

تستخدم المواد المشعة بطرق مختلفة كثيرة في الطب والصناعة والزراعة، وتوجد خمسة استخدامات رئيسة للمواد المشعة. فهي تستخدم كعنصر اقتفاء، وكإشعاع مخترق، وكمصادر قدرة، وفي العلاج الطبي، ولمعرفة تاريخ العينات الأثرية.

1 - عناصر الاقتفاء

يُستفاد من قدرة أجهزة الكشف على قياس تركيزات صغيرة من مادة مشعة في تطبيقات عناصر الاقتفاء، المستخدمة بكثافة في الطب. يتراكم بسهولة على سبيل المثال اليود في الغدة الدرقية. وباستخدام اليود المشع-131 ومعرفة المعدَّل الذي يتراكم به في الغدة الدرقية، يمكن متابعة وظائفها.

الاستخدام النموذجي للعناصر الاقتفائية في الصناعة يكون في دراسة استهلاك الأجزاء المتحركة في الآلات. ويمكن عمل ذلك بوضع نظير مشع على أسطح الأجزاء المتحركة محل الاستقصاء ثم إيجاد كمية التآكل. واستخدام رئيس آخر هو في الكشف عن التسربات في الأنابيب الجوفية (انظر شكل 9 - 15).



شكل 9 - 15 تحديد موضع تسرب في أنبوب جوفي بواسطة عنصر الاقتفاء المشع

بإدخال عنصر اقتفاء مشع مناسب في الأنبوب، يمكن إيجاد الشرخ بسهولة بواسطة أنبوب جيجر - مولر الذي سيرصد معدل تعداد عالي غير عادي في منطقة التسرب. ويوفر ذلك الوقت والمال في تحديد مكان وإصلاح التسرب.

ويُستخدم الفوسفور الإشعاعي-32 في الزراعة كعنصر اقتفاء للكشف عن مدى امتصاص النباتات للفوسفات الضروري لنموها. ولقد دُرست أيضًا آلية البناء الضوئي المعقدة باستخدام عناصر اقتفاء.

2 - الإشعاع المخترق

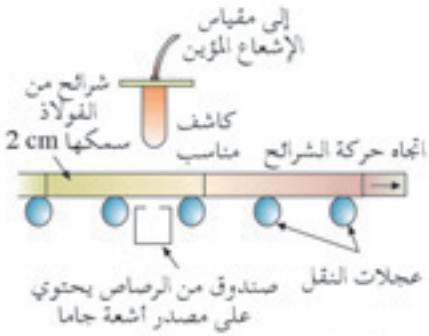
يبعث الكوبالت-60 أشعة جاما المخترقة، والتي تُستخدم للنفاذ إلى أعماق اللحامات للكشف عن عيوبها، فأشعة إكس العادية لا تستطيع أداء تلك المهمة. وتُستخدم أيضًا أشعة جاما في تصوير باطن المحرك للكشف عن أي تصدعات به. وتستخدم في مجال التصنيع مصادر مشعة مناسبة لفحص سمك الشرائح الملفوفة من الفلزات، أو الورق، أو اللدائن. ويبين شكل 9 - 16 جهازًا نموذجيًا للتحكم في سمك شرائح الفولاذ، وبمعنى آخر يعمل مصدر إشعاع جاما كمقياس للسُمْك.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ويُستخدم الجهاز المبين في شكل 9 – 16 للتأكد من أن شرائح الفولاذ ذات سمك متساو. ويعتمد معدَّل التعداد الذي يتلقاه الجهاز الكاشف على كمية الإشعاع الذي يمر خلال شرائح الفولاذ. كلما كانت شرائح الفولاذ أسمك، كلما كان معدل التعداد أدنى والعكس صحيح. ومن ثم إذا كان معدل التعداد المكتَشَف ثابتًا (وتوضح تلك القراءة الثابتة على عداد مقياس الإشعاع المؤين)، يمكن استنتاج أن شرائح الفولاذ ذات سمْك متساو.

ولا يمكن استخدام مصدر بيتا في هذه الحالة لأنها ليست اختراقية بشكل كاف مقارنة بمصدر جاما. ويمكن مع ذلك استخدام مصدر بيتا لفحص سمك أفرخ الورق أو اللدائن الملفوفة.

وتستخدم في صناعة الأغذية قوة الاختراق العالية لأشعة جاما في قتل أي بكتريا في الأغذية المجمدة أو سابقة التغليف. إن ذلك يُعقِّم الطعام ويمنع التسمم الغذائي.



شكل 9 – 16 فحص سُمْك شرائح الفولاذ

3 – مصادر القدرة

اليورانيوم-235 هو الوقود الأكثر شيوعًا في محطات القدرة النووية لتوليد الكهرباء. وتُستخدم مواد مشعة أخرى كمصادر قدرة قابلة للحمل، فتستخدم على سبيل المثال بعض الأقمار الاصطناعية مواد مشعة كمصادر قدرة، تُستمد من الطاقة المنطلقة عند اضمحلال تلك المواد المشعة.

وتحتوي بعض أجراس إنذار الحريق على كمية صغيرة من مادة تبعث جسيمات ألفا. تحفظ جسيمات ألفا (α) المنبعثة الهواء مؤينًا بشكل طفيف داخل أجهزة إنذار الحريق، فيُكشف أي تغير في مستوى التأين يسببه دخان حريق، وينطلق جرس الإنذار.

4– العلاج الطبي

يضمحل الكوبالت-60 الإشعاعي ليبعث جسيمات بيتا (β) وأشعة جاما (γ) ذات الطاقة العالية. ومع اتخاذ تدابير الوقاية من أشعة جاما بشكل صحيح، يمكن توجيهها على النمو السرطاني العميق في المريض المصاب بالسرطان، فيقتل الإشعاع خلايا الورم الخبيث في المريض. وتوجد آلات مصممة لذلك الغرض مفيدة جدًا في العلاج بالأشعة.

5– تحديد تاريخ الآثار

يوجد الكربون-14 الإشعاعي بكميات صغيرة في الغلاف الجوي. وتمتص النباتات الحية ثاني أكسيد الكربون، ومن ثم تصبح مشعة بشكل طفيف، مما يجعل مراقبة مستوى إشعاع النباتات ممكنًا.

عندما تموت شجرة ما، يبدأ الكربون المشع الموجود داخلها في الاضمحلال. وبما أن عمر النصف للكربون-14 حوالي 5500 عام، فيمكن حساب عمر الشجرة المتوفاة بمقارنة نشاط الكربون-14 في الشجرة المتوفاة مع شجرة حية.

ويبقى نشاط الكربون-14 في الشجرة الحية ثابتًا على نحو ما لأن الكربون-14 يعاد تكوينه فيها، بينما لا يعاد تكوين الكربون-14 في الشجرة الميتة مرة ثانية. ولهذا يتمكن العلماء بقياس نشاط الكربون-14 في الأثر القديم، من تقدير عمر ذلك الأثر.

مخاطر الإشعاع

قد يؤدي التعرض المفرط للإشعاع إلى حروق إشعاعية. وتؤدي تلك الحروق إلى قرحات وبثور قد تستغرق وقتًا طويلا في علاجها. ويؤدي التعرض المفرط للإشعاع إلى مرض إشعاعي وفي النهاية إلى الموت، كما يؤدي إلى حالات مثل إعتام عدسة العين، أو سرطان الدم والتي قد تظهر بعد مرور سنوات طويلة.

التربية الوطنية

تجري وحدة بحوث أمراض السرطان بمركز طرابلس الطبي علاجًا بالإشعاع مستخدمين في ذلك نظير الكوبالت-60. هل تعرف كيف يعمل؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

تعرضت مدينتان يابانيتان في أثناء الحرب العالمية الثانية لكمية كبيرة من الإشعاع المؤين نتيجة إلقاء قنبلتين ذريتين عليهما. وأدى التحول الفجائي في جينات كثير من الناجين إلى ذرية تحمل تشوهات فسيولوجية وعيوب أخرى.

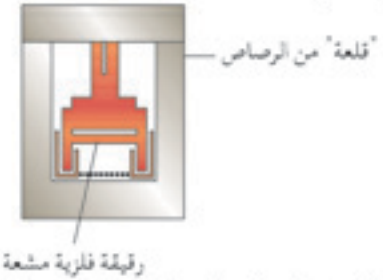
وأدى حادث مفاعل تشيرنوبل النووي عام 1986 إلى تسرب كميات ضخمة من الغبار المشع إلى الجو، مسببة أخطار صحية للناس، والحيوان، والنبات.

الاحتياطات الوقائية من أخطار الإشعاع

لمنع التعرض المفرط للإشعاع أو أي حوادث، يجب اتخاذ الإجراءات الوقائية التالية:

(1) يجب ارتداء العمال العاملين بأشعة جاما (γ) شارة فيلمية أو مقياس جرعات في الجيب لتتبع الجرعة المتراكمة التي يتعرضون لها خلال فترات زمنية معينة.

(2) تحفظ دائمًا المصادر المشعة في صناديق مبطنة بالرصاص (شكل 9 – 17). ويجب بناء جدران حجرات التخزين الخاصة بالمعامل النووية بقوالب من الرصاص سمكها واحد متر. ويجب الكتابة على خارج الحجرات (مادة مشعة).



شكل 9 – 17 صندوق مبطن بالرصاص لتخزين المصادر المشعة

(3) يجب إظهار رمز الإشعاع (شكل 9 – 18) كلما أجريت تجربة بمصدر مشع.

(4) يجب على الأشخاص الذين يُجرون تجارب مشعة ارتداء ملابس واقية خاصة مثل البدل المبطنة بالرصاص، كما يجب ارتداء قفازات مبطنة بالرصاص إذا أمكن. ويجب استخدام الملقاط لالتقاط المصادر المشعة القوية. وبعد انتهاء العمل اليومي، يجب تغيير الملابس الملوثة.

(5) تُمنع تمامًا الماكولات والمشروبات عند إجراء شخص لتجربة مشعة، وإلا فقد يدخل الغبار المشع إلى جسمه مع الطعام.

شكل 9 – 18 رمز الإشعاع

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) اذكر استخدامين صناعيين للمواد المشعة.

(ب) ماذا يحدث إذا استخدم عامل في محطة قدرة نووية أصابعه ليلتقط مصدرًا مشعًا؟

(جـ) اذكر إجراءين وقائيين ستتخذهما عند التعامل مع مواد مشعة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

9 - 6 اكتشاف الذرة النووية

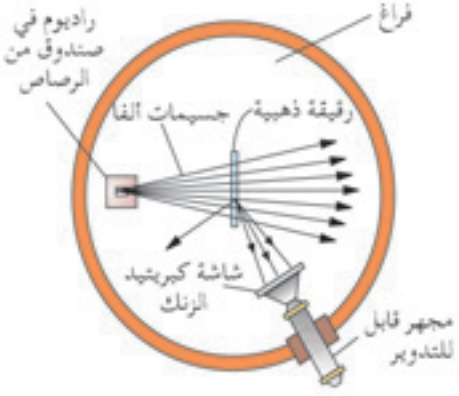
The Discovery of the Nuclear Atom

تجربة جيجر – مارسدين

لاحظ روثرفورد في عام 1906 أن كثيراً من جسيمات ألفا (α) المنبعثة من مصادر مشعة تمر مباشرة خلال شريحة رفيعة جداً من الميكا كما لو أنها غير موجودة، وأن بعضها ينحرف عن اتجاهها المستقيم المبدئي. فكلّف مساعديه جيجر ومارسدين باستقصاء بعثرة جسيمات ألفا (α) عن طريق رقائق فلزية. ويبين شكل 9 – 19 تجربة جيجر – مارسدين.

صُوِّب في هذه التجربة شعاع من جسيمات ألفا على رقيقة ذهبية، واستُخدمت شاشة من كبريتيد الزنك موضوعة على مجهر قابل للتدوير للكشف عن جسيمات ألفا (α). وأُجريت التجربة في غرفة مظلمة حتى يمكن رؤية وميض صغير جداً من الضوء كلما تصادم جسيم ألفا (α) بشاشة كبريتيد الزنك.

ووجد جيجر ومارسدين أن معظم جسيمات ألفا (α) تمر مباشرة خلال الرقيقة الذهبية، وأن جزءاً صغيراً جداً منها يرتد عائداً إلى المصدر.



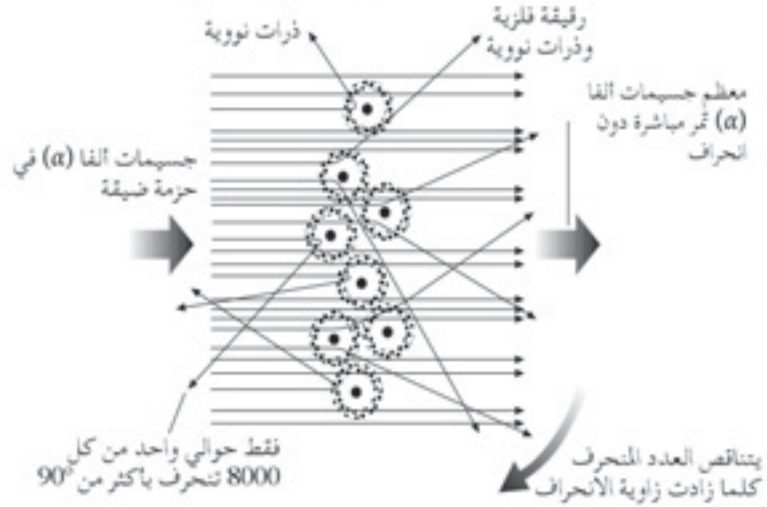
شكل 9 – 19 تجربة جيجر – مارسدين

نموذج الذرة لروثرفورد

في عام 1911 اقترح روثرفورد نموذجاً نووياً للذرة بناءً على النتائج التجريبية التي توصل إليها مساعداه جايجر ومارسدن. ويفترض هذا النموذج أن الذرة تتكون من قلب كثيف جداً أو نواة، وأن جميع الجسيمات موجبة الشحن، وأن معظم كتلة الذرة يتركز في تلك النواة.

وبما أن الذرة متعادلة كهربياً، يفترض النموذج عدداً مكافئاً من الجسيمات سالبة الشحن تسمى إلكترونات تدور في مدارات حول النواة موجبة الشحن. وتشغل النواة والإلكترونات حوالي 1×10^{-12} فقط من حجم الذرة، وبمعنى آخر، فإن الذرة في أغلبها مساحة شاغرة (فراغ).

ويفسر ذلك مرور معظم جسيمات ألفا (α) في تجربة جيجر – مارسدين مباشرة خلال الرقيقة الذهبية. ويتأثر عدد صغير فقط من جسيمات ألفا (α) موجبة الشحن بقوة تنافر قوية عند اقترابه كثيراً من النواة موجبة الشحن. وتتسبب قوة التنافر هذه في انحراف هذا العدد الصغير من جسيمات ألفا (α) عن اتجاهها الأصلي (شكل 9 – 20).



شكل 9 – 20 نموذج روثرفورد للذرة لشرح تجربة جيجر – مارسدين عن تبعثر ألفا

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية

9 - 7 بنية الذرة

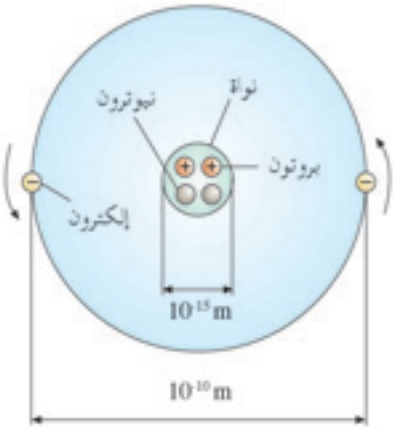
Structure of the Atom

النموذج الذري

نتيجة تجارب أخرى، واكتشاف النيوترون من قِبَل تشادويك في عام 1932، نعتقد الآن أن الذرة تحتوي على ثلاثة جسيمات أساسية: بروتونات (موجبة الشحن)، ونيوترونات (متعادلة (غير مشحونة))، وإلكترونات (سالبة الشحن). وتتكون النواة من بروتونات ونيوترونات، ويُعرف العدد الجمعي لمكونات النواة، أي البروتونات والنيوترونات بالعدد **النووي** أو العدد **الكتلي (A)**.

وتشير **النكليونات** إلى مكونات النواة. وبمعنى آخر يكون النكليون إما بروتون أو نيوترون.

ويعرف عدد البروتونات في النواة الذرية بالعدد **البروتوني** أو العدد **الذري (Z)**. والبروتونات مسئولة عن كون النواة موجبة الشحن. وفي ذرة متعادلة، يكون عدد البروتونات في النواة مكافئاً لعدد الإلكترونات (سالبة الشحن) التي تدور حول النواة. ويبين شكل 9 – 21 بنية ذرة هيليوم غير مرسومة بمقياس نسبي.



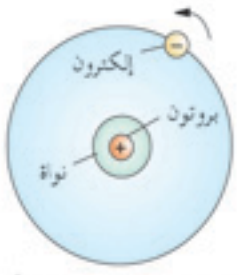
شكل 9 – 21 بنية ذرة هيليوم تبين أن قطر النواة حوالي 10^5 مرة أصغر من قطر الذرة نفسها

رمز النويدة

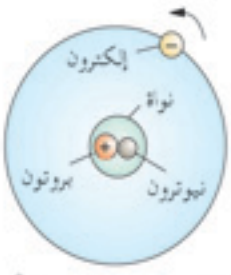
إذا كان X يمثل عنصراً تحتوي النواة الذرية فيه على نكليونات A وبروتونات Z، فيمكن عندئذ الإشارة إلى ذرة العنصر رمزياً بـ ${}^{A}_{Z}X$ وعليه، يمكن تمثيل نواة الهيليوم المبينة في شكل 9 – 21 بالرمز ${}^{4}_{2}He$. إن رمز النويدة أسلوب رمزي لتمثيل الملامح الفريدة لنواة ذرية معينة في شكل ${}^{A}_{Z}X$، ويكون مفيداً للغاية عند كتابة المعادلات النووية في أثناء التغييرات النووية.

النظائر

النظائر لعنصر ما هي ذرات لها نفس العدد الذري ولكن لها أعداد كتلية مختلفة. وتشمل نظائر الهيدروجين ${}^{1}_{1}H$، ${}^{2}_{1}H$، ${}^{3}_{1}H$، بينما نظائر اليورانيوم هي ${}^{235}_{92}U$ و ${}^{238}_{92}U$. وتبين الأشكال 9 – 22 إلى 9 – 24 بنية النظائر الثلاثة للهيدروجين.



شكل 9 – 22 هيدروجين (${}^{1}_{1}H$)



شكل 9 – 23 ديوتيريوم (${}^{2}_{1}H$)

شكل 9 – 24 تريتيوم (${}^{3}_{1}H$)

للنظائر خواص كيميائية متطابقة لأن لديها نفس العدد من الإلكترونات، وهي الجسيمات المتضمنة في التفاعلات الكيميائية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

أسئلة التقويم الذاتي

يتم تمثيل نواة ذرة التريتيوم بـ ${}_1^3H$.

(أ) ما هو (1) عددها الذري.

(2) عددها الكتلي؟

(ب) كم عدد البروتونات الموجودة في النواة؟

(جـ) اذكر اسم الجسيمات الأخرى في النواة. كم يوجد من تلك الجسيمات؟

(د) التريتيوم أثقل نظير للهيدروجين. اذكر اسم النظير الآخر للهيدروجين؟

8-9 التفاعلات النووية

Nuclear Reactions

التغيرات النووية

لقد تعلمنا أن الاضمحلال الإشعاعي يشير إلى عملية تفكك نواة عنصر مشع غير مستقرة لتصبح أكثر استقرارًا. ويمكننا الآن تمثيل الاضمحلال الإشعاعي بواسطة معادلة نووية تتغير فيها النويدة الأم X (غير مستقرة) إلى النويدة الإبنة Y (أكثر استقرارًا) مع انبعاث جسيم ألفا (α) أو جسيم بيتا (β) أو أشعة جاما (γ). وتوجد ثلاث معادلات نووية لتمثيل الأنواع الثلاثة التالية للاضمحلال الإشعاعي:

1- اضمحلال ألفا (α)

المعادلة العامة: ${}_Z^AX \longrightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4He +$ طاقة

(النويدة الأم — النويدة الإبنة — جسيم ألفا (α))

مثال: ${}_{88}^{226}Ra \longrightarrow {}_{86}^{222}Rn + {}_2^4He +$ طاقة

(راديوم النويدة الأم — رادون النويدة الإبنة — جسيم ألفا (α))

في اضمحلال ألفا (α) يتناقص العدد البروتوني أو الذري Z للنويدة ${}_Z^AX$ بمقدار2، ويتناقص عددها الكتلي أو النووي A بمقدار 4. وتتكون النويدة الإبنة ${}_{Z-2}^{A-4}Y$.

2- اضمحلال بيتا (β)

المعادلة العامة: ${}_Z^AX \longrightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e +$ طاقة

(النويدة الأم — النويدة الإبنة — جسيم بيتا (β))

مثال: ${}_{11}^{24}Na \longrightarrow {}_{12}^{24}Mg + {}_{-1}^0e +$ طاقة

(صوديوم النويدة الأم — ماغنسيوم النويدة الإبنة — جسيم بيتا (β))

في اضمحلال بيتا، يزداد العدد البروتوني أو الذري Z للنويدة ${}_Z^AX$ بمقدار 1 ولكن يبقى العدد الكتلي أو النووي A بلا تغيير.

اضمحلال ألفا:

${}_Z^AX \longrightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4He +$ طاقة

اضمحلال بيتا:

${}_Z^AX \longrightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e +$ طاقة

اضمحلال جاما:

${}_Z^AX^* \longrightarrow {}_Z^AX + \gamma$

النظائر المشعة هي نظائر مشعة اصطناعية تتكون بفصف نويدات أخف ببروتونات، أو بيوترونات، أو جسيمات ألفا.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية

3- اضمحلال جاما (γ)

المعادلة العامة: أشعة جاما (γ) + $^{A}_{Z}X$ ← $(^{A}_{Z}X)^{*}$

النويدة الإبنة — النويدة الأم

تشير العلامة $(^{*})$ إلى أن النواة في حالة إثارة. وتنبعث عادة أشعة جاما (γ) في نفس لحظة انبعاث إما جسيم ألفا (α) أو بيتا (β). وفي اضمحلال ألفا أو بيتا تكون النواة في حالة إثارة (أي لديها طاقة أكثر مما يكون عادة لديها). وتنطلق تلك الطاقة الزائدة كإشعاع جاما.

النظائر المشعة

العناصر المشعة المتواجدة طبيعيًا مثل الراديوم واليورانيوم تكون عادة أعدادها الكتلية عالية. ويمكن تكوين نظائر مشعة اصطناعية بواسطة مفاعل نووي بقصف النويدات الأخف وزنًا بالبروتونات أو النيوترونات أو جسيمات ألفا. وأمثلة المعادلات النووية التي تبين إنتاج النظائر المشعة هي:

(1) $^{23}_{11}Na + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{24}_{11}Na + (\gamma)$ أشعة جاما

نويدة صوديوم مستقرة عادية — جسيم تصادمي (نيوترون) — نظير صوديوم مشع

(2) $^{59}_{27}Co + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{60}_{27}Co$

نويدة كوبالت مستقرة عادية — جسيم تصادمي (نيوترون) — نظير كوبالت مشع

(3) $^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$

نويدة الومنيوم مستقرة عادية — جسيم تصادمي (جسيم ألفا) — نظير مشع فوسفور — نيوترون

للنظائر المشعة تطبيقات مهمة كثيرة في الطب، والصناعة، والزراعة.

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) يتفكك الراديوم (Ra-226) إلى رادون (Rn-222) باضمحلال ألفا. اكتب معادلة تبين عملية الاضمحلال.

(ب) ماذا يحدث للعدد البروتوني إذا تعرضت نواة ذرة لاضمحلال بيتا؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

9-9 الطاقة النووية
Nuclear Energy

الكتلة والطاقة

اقترح أينشتين في عام 1905 أثناء تطويره النظرية النسبية اقتراحًا مذهلًا وهو أن الكتلة والطاقة متكافئتان، وصاغ المعادلة التالية:

$$E = mc^2$$

حيث E تساوي الطاقة
m تساوي الكتلة
c تساوي سرعة الضوء

وأي تغير في الطاقة سواء بالزيادة أو بالنقصان، سيؤدي إلى تغير مناظر في الكتلة. ولهذا:

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

حيث Δm تمثل تغيرًا في الكتلة
ΔE تمثل تغيرًا في الطاقة.

- معادلة (الطاقة – الكتلة) لأينشتين $E = mc^2$
- الانشطار النووي هو العملية التي تتجزأ فيها النويدات غير المستقرة الثقيلة لإنتاج طاقة.
- الاندماج النووي هو العملية التي تصهر فيها النويدات الأخف وزنًا معًا لتكوين نواة أثقل وزنًا مع إطلاق طاقة.

شكل 9 – 25 صاغ أينشتين المعادلة $E = mc^2$

مثال محلول 9 – 3

أوجد الزيادة في الكتلة عندما يمتص 1 kg ماء 4200 J حرارة ليتسبب في رفع درجة الحرارة 1 K.
(سرعة الضوء، $c = 3 \times 10^8\ m\ s^{-1}$)

الحل:

المعطيات: الطاقة الممتصة $\Delta E = 4200\ J$

وباستخدام معادلة الطاقة – الكتلة لأينشتين.

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$
$$= \frac{4200}{(3 \times 10^8)^2}$$
$$= 4.7 \times 10^{-14}\ kg$$

هذه زيادة صغيرة في الكتلة يمكن إهمالها.

إن معادلة الكتلة – الطاقة لأينشتين تكون أكثر نفعًا عند تطبيقها على التفاعلات النووية والنشاط الإشعاعي.

الانشطار النووي

الانشطار النووي هو العملية التي تتجزأ فيها النويدات غير المستقرة الثقيلة لإنتاج طاقة. ويحتوي اليورانيوم المتواجد طبيعيًا على مخلوط من النظائر يكوّن اليورانيوم-238 نسبة 99% منه، ويكوّن اليورانيوم-235 نسبة 1%. إن اليورانيوم-235 مفيد لإنتاج الطاقة النووية. وعند قصف اليورانيوم-235 بالنيوترونات، فإنه يُكوّن يورانيوم-236 كما هو مبين في المعادلة النووية التالية:

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{236}_{92}U$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية

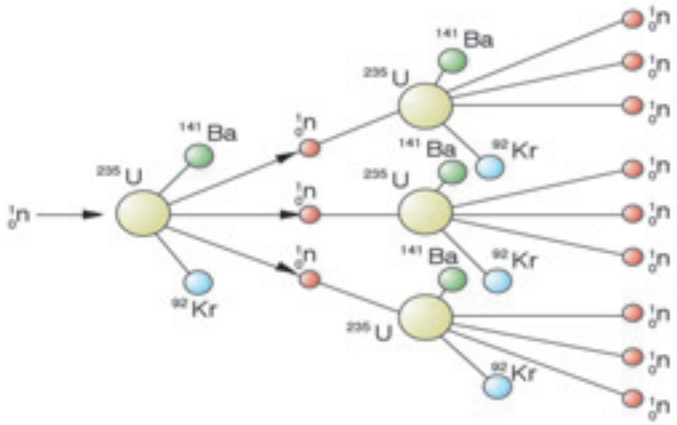
ومـع ذلك فإن اليورانيوم-236 غير مسـتقر ويتجزأ وينشـطر إلى نواتين إشـعاعيتين متسـاويتين تقريباً، وغالباً ما يكونا باريوم وكريبتون، مع إنتاج نيوترونين أو ثلاثة. والمعادلة النووية الرئيسة هي:

$$^{236}_{92}U \longrightarrow \underbrace{^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3\,^{1}_{0}n}_{\text{شظايا الانشطار}} + \text{طاقة}$$

وإجمالي كتلة الجسيمات المنتجة (أي: $^{141}_{56}Ba$، $^{92}_{36}Kr$، $3\,^{1}_{0}n$) على الجانب الأيمن للمعادلـة أقـل بكثير من كتلة النـواة الأصلية ($^{236}_{92}U$) على الجانب الأيسـر للمعادلة.

يُبَرَّر ذلك الفقد في الكتلة من خلال معادلة الطاقة – الكتلة لأينشـتين، بالكسب في الطاقة المنبعثة في شكل زيادة في الطاقات الحركية للجسيمات المنتجة. وتتصادم شـظيتا الانشطار سـريعتا الحركة مع الذرات المحيطة بها، ومن ثـم ترفع طاقاتها الحركية وبالتالي درجة حرارتها. ويتسـبب ذلك في إنتاج حرارة.

وتبطئ النيوترونات الثلاثة سريعة الحركة لتنتج انشطاراً إضافياً بالتصادم مع نـوى يورانيوم-235 أخرى لتكـون يورانيوم-236 والـذي يتعرض مرة أخرى للانشـطار، ويولد شـظايا انشـطار أكثر، ونيوترونـات أكثر، وطاقة أكثر. ويُحدث ذلك تفاعلاً متسلسـلاً، ويؤدي إلى إطلاق عملاق للطاقة. ويبين شـكل 9 – 26 هذا التفاعل المتسلسـل في الانشـطار النووي والذي يُستخدم في المفاعل النووي لتوليد طاقة.



شكل 9 – 26 انشطار نووي

الاندماج النووي

الاندمـاج النـووي هو العمليـة التي تندمج فيهـا نويدات أخـف وزناً معاً لتكوين نواة أثقل وزناً مع إطلاق طاقة. وتنتج أيضاً الطاقة المطلقة عن فقد الكتلة والتي تعطى بإجمالي كتلة النويدات الأخف مطروح منها (ناقص) كتلـة النواة الأثقل المكونة. ولا زالـت تجرى أبحاث لإنتاج اندماج متحكم فيه بين نظيـري هيدروجين (ديوتيريوم وتريتيـوم) لإنتاج هيليوم. ودرجة الحـرارة المطلوبة لبـدء الانصهار تكـون مرتفعة لدرجـة 100 مليون درجة مئويـة. ويعتقـد أن الاندماج هو العمليـة التي تنتج بها الشـمس الطاقة. ويبين جدول 9 – 5 الفروق بين الانشطار والاندماج النووي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

جدول 9 – 5 الفروق بين الاندماج والانشطار

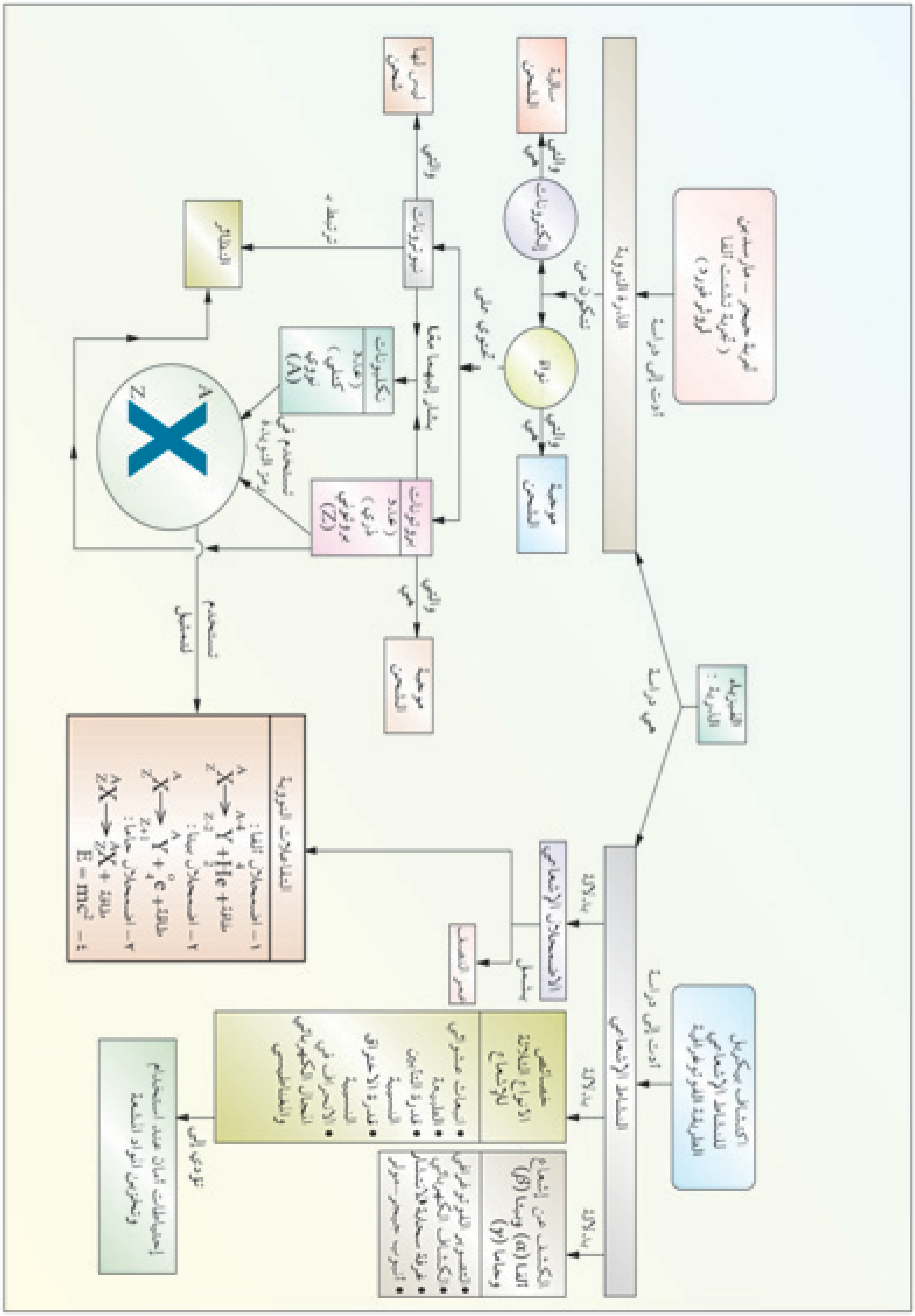
	الاندماج	الانشطار
سبب الطاقة	تتناقص الكتلة عند اندماج النوى الخفيفة معًا.	شظايا الانفجار تكون ذات كتلة أدنى بكثير من النواة الأصلية.
العملية	تندمج نواتان خفيفتان معًا لتكوين نواة واحدة، وبرفع درجة الحرارة تتحد النوى معًا بسرعة عالية للتغلب على التنافر.	تجزئة النواة الثقيلة (غير المستقرة) عن طريق قصفها بجسيمات متحركة، مثل: النيوترونات. التفاعل المتسلسل يُمَكِّن من استمرار العملية. وينتج عن انشطار النواة نيوترونات كافية لإحداث انشطار نووي أكثر لنوى أخرى.
معدل التفاعل	صعب التحكم فيه.	يمكن التحكم فيه.

التربية الوطنية

ابحث على شبكة المعلومات الدولية للكشف عن كيفية توليد الكهرباء في محطة لتوليد الكهرباء بالطاقة النووية. ما مزايا وعيوب إدخال الطاقة النووية في ليبيا ؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خريطة مفاهيم



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ركن التفكير

المهارة: تكوين أسئلة

لقد درست أخطار الإشعاع في هذه الوحدة. من المزمع بناء مفاعل نووي على بعد 30 km من طرابلس. فكر في 12 سؤال ستطرحها بخصوص أمان مثل ذلك المشروع والأخطار المحتملة التي قد يواجهها سكان طرابلس. حاول طرح أعداد متساوية من الأسئلة مفتوحة النهاية والأسئلة المغلقة.

1 – ماذا .....

.....

2 – ماذا .....

.....

3 – متى .....

.....

4 – متى .....

.....

5 – لماذا .....

.....

6 – لماذا .....

.....

7– أين .....

.....

8 – أين .....

.....

9 – مَنْ .....

.....

10– مَنْ .....

.....

11– كيف .....

.....

12– كيف .....

.....

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية ـ ليبيا

التمرين التاسع

الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

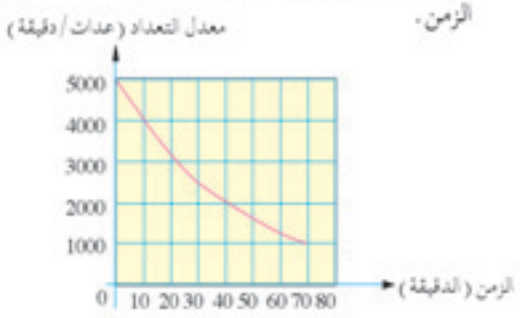
1- جسيمات ألفا (α) هي
(أ) بروتونات موجبة الشحن.
(ب) أيونات هيدروجين موجبة الشحن.
(جـ) نوى هيليوم موجبة الشحن.
(د) ذرات هيليوم متعادلة.

2- تضمحل النوى المشعة $^{123}_{60}Y$ لتعطي $^{119}_{58}Z$. ما نوع الإشعاع المنبعث؟
(أ) جسيمات ألفا (α) فقط.
(ب) جسيمات بيتا (β) فقط.
(جـ) أشعة جاما (γ) فقط.
(د) جسيمات ألفا (α) وبيتا (β) فقط.

3- يُستخدم أنبوب وعداد جيجر – مولر للكشف عن الإشعاع. وتوضع عناصر ماصة مختلفة بين المصدر وأنبوب جيجر – مولر، ويلاحظ معدل التعداد. فإذا اشتمل الإشعاع على أشعة جاما، سيتناقص معدل التعداد عندما يكون

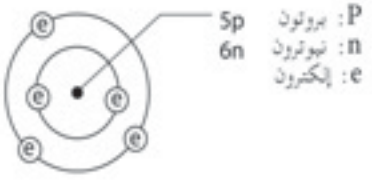
	نوع العنصر الماص المستخدم	سُمك العنصر الماص
(أ)	ورق	عدة سنتيمترات
(ب)	الومنيوم	عدة سنتيمترات
(جـ)	ألومنيوم	واحد متر
(د)	رصاص	عدة سنتيمترات

4- يبين الرسم البياني معدل التعداد لعينة مشعة مقابل الزمن.



عمر نصف العينة المشعة بالدقائق، هو :
(أ) 10 (ب) 30 (جـ) 60 (د) 40

5- يمثل الرسم ذرة عنصر ما.



ما العدد الكتلي، والعدد الذري، والشحنة على نواة تلك الذرة؟

	العدد الكتلي	العدد الذري	الشحنة على النواة
(أ)	5	6	موجبة
(ب)	11	5	موجبة
(جـ)	16	5	متعادلة
(د)	16	6	موجبة

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

1- (أ) قد تبعث المواد المشعة إشعاع ألفا وبيتا وجاما. صف طبيعة كل نوع من تلك الإشعاعات.

(ب) أكمل الجمل التالية التي تصف قوانين الاضمحلال الإشعاعي :

(1) الانبعاث هو سمة لـ .....

(2) يحدث إشعاع .....ولا يمكن إبطاؤه أو تسريعه بالوسائل الفيزيائية مثل تغيير الضغط، أو درجة الحرارة.

(3) الزمن المستغرق لتحلل نصف النوى هو ..... لنظير معين.

(4) ينبعث الإشعاع من نظير معين عند .....

2- (أ) يقال أن للمصادر المشعة عمر النصف. فسر معنى : عمر النصف.

(ب) ما المقصود بإشعاع الخلفية، وتعداد الخلفية؟

(جـ) صف استخدامين للنظائر المشعة في الصناعة، أو البحث العلمي، أو الطب.

(د) ما الخطران الشائعان للإشعاع؟ صف باختصار الاحتياطات الواجب اتخاذها تجاههما.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

3 – أكمل الجدول التالي موضحًا الجسيمات الذرية الأولية.

الاسم	الكتلة	الشحن	الرمز
إلكترون	m_e		β^- ، e^-
نيوترون	$1838\ m_e$		n
بروتون	$1836\ m_e$	+e	

أي مما سبق يُكوِّن نواة الذرة؟

4 – إن ذرة عنصر معين X لديها عدد ذري Z، وعدد كتلي A. كم عدد الإلكترونات والنيوترونات الموجودة في تلك الذرة؟ اكتب الرمز العام لذرة ذلك العنصر. وما التغيرات التي سوف تحدث لنواة ذرة إذا تعرضت لـ

(أ) اضمحلال ألفا (α).

(ب) اضمحلال بيتا (β).

في كل حالة اكتب المعادلة العامة لتمثيل الاضمحلال الذي حدث.

5 – اشرح معنى المصطلحات التالية:

(أ) العدد الذري Z،

(ب) العدد الكتلي A،

(جـ) إن لدى الرادون عدد كتلي 222 وعدد ذري 86. اكتب الرمز الخاص بذرة الرادون.

يضمحل الرادون ببعث جسيمي بيتا لتشكيل راديوم 222. اكتب المعادلة التي تمثل عملية الاضمحلال هذه.

6 – تضمحل النويدة $^{14}_{6}C$ بانبعاث جسيمات بيتا (β). صف بشكل كامل وبمساعدة رسم وعليه البيانات بنية ذرة واحدة من هذه النويدة.

(أ) مع رسم عليه البيانات، صف التجارب التي يمكن أن تستخدم لتوضيح أن النويدة $^{14}_{6}C$

(1) مشعة.

(2) لا تبعث جسيمات ألفا (α).

(3) لا تبعث أشعة جاما (γ).

(ب) يقال أن انبعاث جسيمات بيتا (β) من مصدر إشعاعي يكون عشوائيًا.

اشرح معنى ذلك بالإشارة إلى:

(1) الزمن،

(2) الاتجاه.

7 – في تجربة لتحديد عمر النصف لنواة رادون-220، تم التوصل إلى النتائج التالية بعد الأخذ في الاعتبار تعداد الخلفية:

الزمن (s)	0	10	20	30	40	50	60	70
معدل التعداد (s^{-1})	30	26	23	21	18	16	14	12

(أ) برسم العلاقة البيانية بين معدل التعداد (المحور الرأسي) مقابل الزمن (المحور الأفقي)، حدد عمر النصف $^{220}_{86}Rn$. وبين بوضوح على الرسم كيف تحصل على إجابتك.

(ب) (1) ما أصل تعداد الخلفية؟

(2) كيف يمكن تحديد تعداد الخلفية؟

(جـ) تبعث $^{220}_{86}Rn$ جزيئات ألفا (α).

(1) ما جسيم ألفا (α)؟

(2) عندما ينبعث جسيم ألفا من $^{220}_{86}Rn$، يتحول إلى نظير للعنصر بولونيوم (Po). اكتب معادلة تمثل هذا التغير.

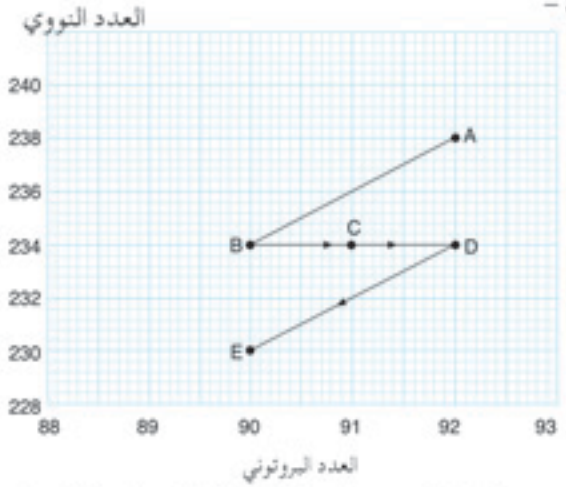
(د) عند إجراء التجارب على المصادر المشعة، يتلقى الطلبة التعليمات التالية:

(1) يجب عدم إمساك المصدر بالقرب من جسم الإنسان.

(2) غير مسموح بتناول طعام أو شراب في المعمل.

لماذا من المهم اتباع تلك التعليمات؟

8 –



يوضح الرسم سلسلة اضمحلال إشعاعي. تضمحل النواة A إلى النواة B وفي مراحل متتالية إلى النواة E والتي لها عدد بروتوني 90 وعدد نووي 230.

(أ) كم عدد النيوترونات الموجودة في النواة A؟

(ب) اذكر اسم الإشعاع المنبعث في التغيرات

(1) B إلى C (2) C إلى D

(جـ) تُكوِّن النواة D ونواة أخرى ذرات هي نظائر. ما النواة الأخرى؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية

الإجابات

التمرين الأول

الجزء الأول

1 - أ　　2 - ب　　3 - جـ

4 - د　　5 - ب　　6- جـ

7- ب　　8- جـ　　9 - ب　　10- جـ

التمرين الثاني

الجزء الأول

1 - د　　2 - د　　3 - ب

4 - ب　　5 - أ

الجزء الثاني

1 - (ب) 2 mA

2 - (أ) 240 V

3 - (ب) 9.7 Ω تقريبًا

التمرين الثالث

الجزء الأول

1 - أ　　2 - ب　　3 - ب

4 - د

الجزء الثاني

1 - (أ) 30 Ω　　(ب) - 0.16 A　　(جـ) - 4.8 V　　(د) 0.12 A

2 - (أ) 4 Ω　　(ب) - (1) 2 Ω　　(2) - 1.0 A

3 - ب (1) 1.33 Ω　　(2) - 2.0 Ω　　(3) - 3.33 Ω　　(4) 1.2 A

4 - (2) 0.2 A　　(3) - 1.0×10^{-6} J

التمرين الرابع

الجزء الأول

1- د　　2- أ　　3- ب

4- ب　　5- جـ

الجزء الثاني

1- (أ) المكهرب　　(ب) عالية، منخفض　　(جـ) المكهرب ، المتعادل ، الأرضي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

2 - (أ) 0.25 A (ب) 800 Ω (جـ) 100 درهمًا

5 - (جـ) 411 Ω (د) 0.58 A

6 - 9.36×10^4 J

7 - (أ) 4.0 A (ب) 1000 W

8 - (ب) 5 kWh، 100 درهمًا، 40 A

التمرين الخامس

الجزء الأول

1 - أ 2 - جـ 3 - ب

4 - د 5 - أ

التمرين السادس

الجزء الأول

1 - ب 2 - جـ 3 - أ

4 - جـ 5 - جـ

الجزء الثاني

6 - رأسيًّا لأعلى، التيار في السلك، قوة المجال المغناطيسي

التمرين السابع

الجزء الأول

1 - أ 2 - ب 3 - ب

4 - د 5 - أ

الجزء الثاني

5 - (أ) (2) أصغر (ب) 0.01 A

7 - (ب) (1) V_s = 6.25 V (2) I_s = 8.0 A

8- (أ) (1) 8 A (2) 4 V (3) 32 W

(ب) 12 800 W

10-(أ) N_s = 400 لفة (ب) I_p = 0.125 A

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية ـ لعام

التمرين الثامن

الجزء الأول

1 - د　　2 - ب　　3 - د　　4 - ب　　5 - جـ

الجزء الثاني

1 - 0.8 A　　2- 5.6 MΩ　　3 -(أ) (1) 1 kΩ　　4 - (ب)

A	B	C	D	E
0	0	0	0	1
0	1	1	0	0
1	0	1	0	0
1	1	1	1	0

6- (أ) (1) R, S　　(2) P, Q　　(3) T

(ب)

A	C
0	1
1	0

B	D
0	1
1	0

C	B	E
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

التمرين التاسع

الجزء الأول

1 - جـ　　2 - أ　　3 - د　　4 - ب　　5 - ب

الجزء الثاني

1- (ب) (1) نظير　　(2) تلقائيًّا　　(3) ثابت　　(4) عشوائي

3 - (أ) e -　　(ب) O　　(جـ) P

4- (أ) Z تتناقص 2، A تتناقص 4　　(ب) Z تزداد 1، A تبقى دون تغير

5- (جـ) طاقة + $^{222}_{88}Ra$ + $2\ ^{0}_{1}e$ ⟶ $^{222}_{86}Rn$

7- (أ) عمر النصف = 55 s

(جـ) (2) طاقة + $^{216}_{84}Po$ + $^{4}_{2}He$ ⟶ $^{220}_{86}Rn$

8- (أ) 146 نيوترون　　(ب) (1) أشعة بيتا　　(2) أشعة بيتا　　(جـ) نواة A

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ملاحظات

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية ـ ل

ملاحظات

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ملاحظات

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية ـ ليبيا