



دولة ليبيا
وزارة التربية والتعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

كتاب الطالب

للسنة الثالثة من مرحلة التعليم الثانوي
(القسم العلمي)

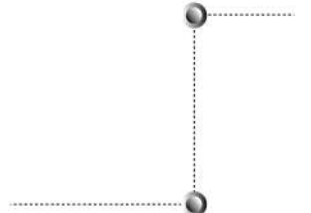


وزارة التربية والتعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الطبعة الخامسة 2014 م

جميع الحقوق محفوظة: لا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب، أو تخزينه، أو تسجيله، أو تصويره بأية وسيلة داخل ليبيا دون موافقة خطية من إدارة المناهج بمركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية بليبيا .

1435 - 1436 هـ
2014 - 2015 م



تهد

يُقَسَّم 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 ابتكارياً، 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 أيضاً استخدامها لمراجعة ما تعلمه.
 - **أمثلة محلولة وتجارب:** صُممت 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 دُمجت 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** ويحث الطالب على استخدام شبكة المعلومات الدولية وبرامج الحاسوب لاستكشاف كل موضوع استكشافاً إضافياً 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.
- إن عناوين مواقع شبكة المعلومات الدولية "URLs" المستخدمة في هذا الكتاب، بما فيها المواقع الجديدة، يتم تحديثها وإدخالها في الموقع <http://www.teol.com.sg>.
- ونأمل أن يساعد هذا الكتاب على جعل دراسة الفيزياء تجربة ممتعة إثرائية. ونرحب بالتعليقات البناءة من الطلاب، والمعلمين، والقراء الآخرين حتى يمكن تحسين الطباعات اللاحقة.

المحتويات

تمهيد

الجزء الأول : الكهرباء والمغناطيسية

الوحدة الأولى : الكهرباء الإستاتيكية

1	
2	1-1 الظواهر الكهروستاتيكية
5	2-1 العوازل والموصّلات الكهربائية
9	3-1 الكشاف الكهربائي
11	4-1 المجال الكهربائي
12	5-1 بعض تطبيقات عملية، ومخاطر الكهرباء الساكنة
14	خريطة مفاهيم
15	ركن التفكير
16	التمرين الأول

الوحدة الثانية : الكهرباء التيارية

18	
19	1-2 الشحنة الساكنة والتيار الكهربائي
21	2-2 الرموز الكهربائية
23	3-2 القوة الدافعة الكهربائية، وفرق الجهد
27	4-2 المقاومة
34	5-2 الدوائر الكهربائية المتوالية
36	6-2 الدوائر الكهربائية المتوازية
39	خريطة مفاهيم
40	ركن التفكير
41	التمرين الثاني

الوحدة الثالثة : الدوائر الكهربائية ذات التيار الكهربائي المستمر

43	
44	1-3 الدوائر الكهربائية المتوالية
45	2-3 الدوائر الكهربائية المتوازية
47	3-3 الدوائر الكهربائية المتوالية والمتوازية
49	خريطة مفاهيم
50	ركن التفكير
51	التمرين الثالث

الوحدة الرابعة : مجموعة الدوائر الكهربائية العملية

53	
54	1-4 بعض استخدامات الكهرباء
56	2-4 قياس الطاقة الكهربائية
60	3-4 أخطار الكهرباء
62	4-4 الاستخدام الآمن للكهرباء في المنزل
69	خريطة مفاهيم
70	ركن التفكير
71	التمرين الرابع

73	الوحدة الخامسة : الظواهر البسيطة للمغناطيسية
74	1-5 المواد والمغناطيسات
76	2-5 الحث المغناطيسي
77	3-5 نظرية المغناطيسية
78	4-5 طرق إكساب وإزالة المغناطيسية
80	5-5 المجالات المغناطيسية، وبوصلة تخطيط المجال
83	6-5 الخواص المغناطيسية للحديد والفولاذ
84	7-5 بعض استخدامات المغناطيسات الدائمة والمغناطيسات الكهربائية
86	8-5 التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي
90	خريطة مفاهيم
91	ركن التفكير
92	التمرين الخامس
94	الوحدة السادسة : القوة المؤثرة على موصل كهربائي في مجال مغناطيسي
95	1-6 القوة المؤثرة على موصل يحمل تياراً في مجال مغناطيسي
97	2-6 القوة بين سلكين متوازيين يحملان تياراً كهربائياً
98	3-6 القوة المؤثرة على ملف مستطيل الشكل يحمل تياراً في مجال مغناطيسي
100	4-6 القوة المؤثرة على شحنة متحركة في مجال مغناطيسي
101	خريطة مفاهيم
102	ركن التفكير
103	التمرين السادس
105	الوحدة السابعة : التأثيرات الكهرومغناطيسية
106	1-7 الحث الكهرومغناطيسي
110	2-7 مولدات التيار المتردد
112	3-7 المحولات الكهربائية
116	خريطة مفاهيم
117	ركن التفكير
118	التمرين السابع
121	الوحدة الثامنة : علم الإلكترونيات التمهيدي
122	1-8 الإلكترونيات وكيفية إنتاجها
122	2-8 استقصاء خواص الإلكترونيات
123	3-8 أنبوب شعاع الكاثود - راسم الذبذبات الكاثودي
124	4-8 استخدام راسم الذبذبات الكاثودي
126	5-8 مكونات الدائرة الكهربائية
130	6-8 الدوائر الكهربائية التي تعمل بالمنطق الرقمي
132	خريطة مفاهيم
133	ركن التفكير
134	التمرين الثامن

137	الوحدة التاسعة: النشاط الإشعاعي، والذرة النووية
138	1-9 اكتشاف النشاط الإشعاعي
138	2-9 الكشف عن النشاط الإشعاعي
141	3-9 خصائص الأنواع الثلاثة للإشعاع
143	4-9 عمر النصف وقياسه
146	5-9 الإشعاع والناس – الاستخدامات، والأخطار، والاحتياطات
149	6-9 اكتشاف الذرة النووية
150	7-9 بنية الذرة
151	8-9 التفاعلات النووية
153	9-9 الطاقة النووية
156	خريطة مفاهيم
157	ركن التفكير
158	التمرين التاسع

160 **الإجابات**

163 **الملحق: قائمة بمواقع شبكة المعلومات الدولية (URLs)**

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 المختلفة تتجاذب، والمتشابهة تتنافر .
 - تصف المجال الكهربائي كمنطقة تتعرض فيها الشحنة الكهربائية لقوة ما .
 - ترسم مجالاً لشحنة ذات موضع منفصل، وتبين فهمًا بأن اتجاه خطوط المجال تعطي اتجاه القوة التي تؤثر على شحنة اختبارية موجبة .
 - تصف تجارب تبين الشحن الكهروستاتيكي بالحث .
 - تميز بين الموصلات والعوازل الكهربائية، وتذكر أمثلة نموذجية لكل منهما .
 - تصف أمثلة يُعتبر فيها الشحن الكهروستاتيكي خطرًا كاملاً .
 - تصف مثالاً لاستخدام الشحن الكهروستاتيكي، مثل آلة النسخ الضوئية، وجهاز رش الدهان، وجهاز الترسيب الكهروستاتيكي .

عند شحن مشط لدائني، يظل مشحونًا حتى يلمسه شيء آخر، ونقول إن المشط مشحون بشحنة كهربائية . سنناقش في هذه الوحدة الكهرباء الإستاتيكية (الساكنة) بدلالة الشحنات الكهربائية الموجبة والسالبة . وسندرس أيضًا خواص الكهرباء الإستاتيكية .

يحدث الاحتكاك على المواد المختلفة نوعين مختلفين من الشحنات الكهربائية.

الاحتكاك والشحن

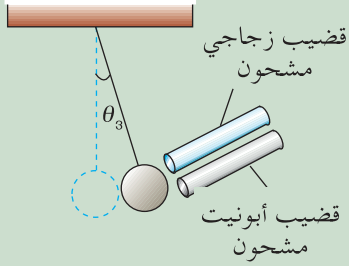
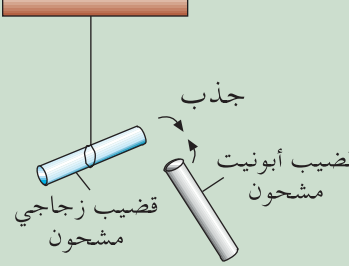
تكتسب بعض الأجسام (مثل القضيب الزجاجي أو القضيب الأبونيت) بعد دلكها بمادة أخرى (مثل الحرير أو الفرو) خاصية جديدة: تصبح قادرة على جذب القطع الورقية الصغيرة. وتنتهي تلك الظاهرة إلى فرع من الفيزياء يسمى الكهرباء الإستاتيكية (الساكنة)، يتضمن دراسة الشحنات الكهربائية الساكنة. فقبل ذلك لا تجذب تلك الأجسام قطعاً ورقية صغيرة، ويدل ذلك ضمناً على أن الاحتكاك نتيجة لذلك قد غيّر طبيعة أسطح تلك القضبان، ونقول أن الاحتكاك قد جعل القضبان م كهربة، أو مشحونة بالكهرباء.

بعض تجارب الكهرباء الساكنة

يعطي جدول 1-1 ملخصاً لبعض التجارب الكهروستاتيكية، والمشاهدات، والاستنتاجات المناظرة لها.

جدول 1-1 بعض التجارب الكهروستاتيكية

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

<p>تضعف الحالتان المشحونتان كهربائياً للقضبان الزجاجي والأبونيت كل منهما الأخرى. وبمعنى آخر توجد حالتان كهربائيتان أو مشحونتان كهربائياً.</p>	<p>زاوية إزاحة كرة النخاع θ_3 أصغر من θ_1 أو θ_2.</p>	<p>التجربة الرابعة:</p>  <p>شكل 1 - 4</p>
<p>إن لدى القضبان الزجاجية المكهربة شحنات متشابهة.</p>	<p>يتنافر القضبان الزجاجيان المشحونان عن بعضهما البعض. (ملاحظة: يحدث أيضًا تنافر بين قضيبين أبونيت مشحونين).</p>	<p>التجربة الخامسة:</p>  <p>شكل 1 - 5</p>
<p>إن للقضيب الزجاجي والقضيب الأبونيت شحنات مختلفة.</p>	<p>القضبان المختلفان المشحونان يجذبان بعضهما البعض.</p>	<p>التجربة السادسة:</p>  <p>شكل 1 - 6</p>

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

- 1- الاحتكاك يحدث نوعين مختلفين من الشحنات على المواد المختلفة (مثل الزجاج والأبونيت).
- 2- الشحنات المتشابهة تتنافر دائماً.
- 3- الشحنات المختلفة تتجاذب دائماً.
- 4- يوجد نوعان فقط من الشحنات.

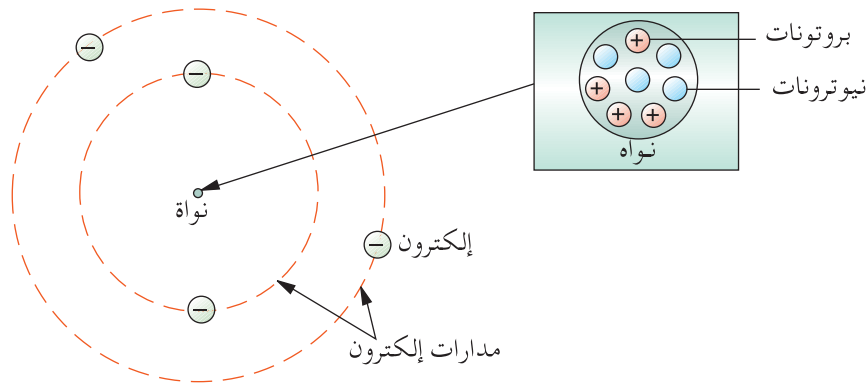
تفسير للشحن الكهربائي بالاحتكاك

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

- 1- تتكون المادة من جسيمات غير قابلة للانقسام تسمى ذرات. كل ذرة لديها إلكترونات سالبة الشحنة تدور بشكل مداري حول نواة كتلتها صغيرة تتكون من جسيمات موجبة الشحنة تسمى بروتونات، وجسيمات متعادلة تسمى نيوترونات. يبين شكل 1 - 8 نموذجاً ذرياً لذرة بريليوم.



شكل 1 - 7 كرات من نخاع البيلسان



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 متعادلة كهربائياً أو غير مشحونة.

3- الحالة المكهربة حالة يكون التعادل الكهربائي فيها مضطرباً. 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 ذلك 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 مشحوناً بشحنة موجبة لأنه تنقصه الآن إلكترونات. ويصبح الحرير سالب الشحنة لأنه يكتسب إلكترونات زائدة.

لا تُخلق الشحنة أو تُدمَّر أبداً 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

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

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

وحدة القياس للشحنة الكهربائية
في النظام الدولي هي الكولوم

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

أسئلة التقويم الذاتي

- (أ) كم عدد أنواع الشحنات الكهربائية الموجودة؟
(ب) ما وحدة القياس الدولية للشحنة الكهربائية؟

العوازل الكهربائية مواد ليس بها إلكترونات حرة، ولذا لا توصل الكهرباء. الموصلات الكهربائية مواد بها إلكترونات حرة، وتكون قادرة على توصيل الكهرباء.

2-1 العوازل والموصلات الكهربائية

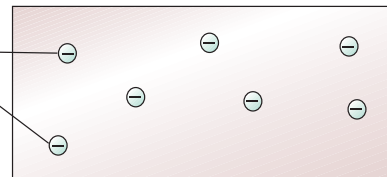
Insulators and Conductors

نجد في عملية الشحن بالاحتكاك التي ناقشناها في الجزء 1-1، أنه يمكن بسهولة كهربية فئة من المواد بدلًا من فئة أخرى. وتشمل تلك المواد الزجاج، والحديد، والأبونيت، والمطاط الصلب، والفرو. وبالنسبة لهذه الفئة من المواد تنتقل الإلكترونات (شحنات سالبة) من مادة إلى أخرى، وتبقى على السطح. فهي لا تتحرك داخل المادة، ولكن تحصر عند منطقة ذلك. ونسمي تلك المواد عوازل كهربائية.

ومن ناحية أخرى توجد فئة أخرى من المواد مثل الفلزات تناسب الإلكترونات خلالها. لا يمكن شحن تلك الفئة كهربائيًا بسهولة عن طريق ذلك بالحديد أو الفرو ما لم تكن معزولة أولًا جيدًا. ونسمي مثل تلك المواد موصلات كهربائية. وتشمل الموصلات الكهربائية الأخرى الإلكترونات (محاليل موصلة كهربائيًا)، والغازات المتأينة المحتوية على أيونات موجبة وسالبة حرة الحركة.

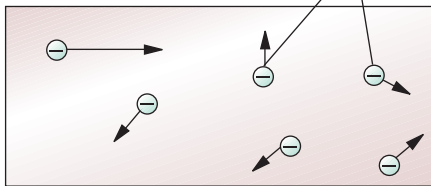
نظرية الإلكترون للمادة

تكون الإلكترونات ثابتة في مواقعها



شكل 1-9 عازل كهربائي

تكون الإلكترونات الخارجية (أو إلكترونات التكافؤ) حرة الحركة



شكل 1-10 موصل كهربائي

تعتبر جميع إلكترونات العوازل الكهربائية في شكل 1-9 (مثل البوليثين، وأسياتات السيلولوز، والبيرسبكس، والأبونيت، والزجاج) مرتبطة مع نواتها بشدة. إن إضافة أو إزالة إلكترونات من أحد الأماكن لا يجعل الإلكترونات تنساب، بمعنى تُحصر الشحنة في المنطقة التي تتكون (بالدلك مثلاً) أو توضع فيها.

وبالنسبة للموصلات الكهربائية (شكل 1-10) مثل الفلزات، تكون الإلكترونات الخارجية (أو إلكترونات التكافؤ) ممسوكة بشكل غير محكم، وتكون حرة نسبياً 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 موصل الكهرباء لإلكترونات إعادة توزيع الإلكترونات المتخلفة.

معادلة العوازل والموصلات المشحونة كهربائياً

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

العوازل الكهربائية المشحونة: كما أن العازل الكهربائي يتطلب قدرًا غير قليل من الجهد ليُشحن (مثل القضيب الزجاجي عن طريق الدلك بالحرير) فليس سهلاً كذلك إزالة الشحنة الزائدة منه. ويرجع ذلك إلى حقيقة أن الشحنات الزائدة على العازل لا تُنزع منه بسهولة.

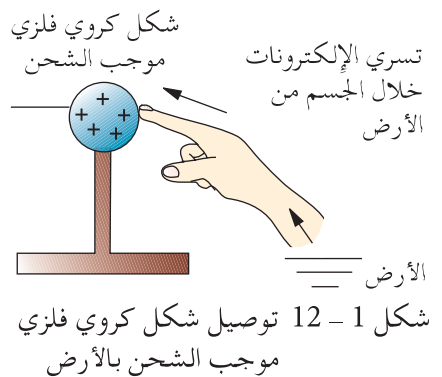
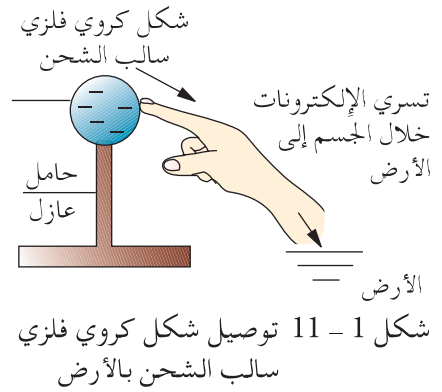
ولتفريغ الشحنة بسرعة من عازل مشحون مثل قضيب زجاجي، فإن إحدى الطرق تكون بتسخين القضيب الزجاجي على موقد بنزن. فالحرارة المكثفة تجعل الهواء المحيط بالمحيط بالقضيب الزجاجي يتأين إلى أيونات موجبة وأيونات سالبة. وتعادل تلك الأيونات السالبة الشحنات الموجبة الزائدة على القضيب الزجاجي.

وتُفَرِّغ أيضاً ببطء شحنة جميع العوازل المشحونة عند تركها في شروط رطبة. فإن بخار الماء في الجو يجعل الشحنات الزائدة على العازل تتسرب ببطء.

الموصلات الكهربائية المشحونة: بالنسبة لموصل كهربائي مثل شكل كروي فلزي فلزي ذو إلكترونات زائدة، يمكن إزالة الإلكترونات بتوصيله بالأرض. إن توصيل موصل كهربائي مشحون بالأرض، يوفر ممراً لسريان الإلكترونات إلى الخارج، أو تجاه الموصل المشحون لتجعله متعادلاً كهربائياً. ويشير مصطلح "الموصل الأرضي" إلى أي موصل كبير يمكن أن تؤخذ منه الإلكترونات أو تدخل فيه دون أن يصبح مشحوناً بشكل ملحوظ. وبين شكل 1-11 عملية تعادل كهربائي لشكل كروي فلزي سالب الشحنة عن طريق التوصيل الأرضي.

وبالنسبة للشكل الكروي الفلزي موجب الشحنة، سيتسبب التوصيل الأرضي في سريان الإلكترونات من الأرض تجاه الشكل الكروي موجب الشحنة، لتعادلته (شكل 1-12).

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





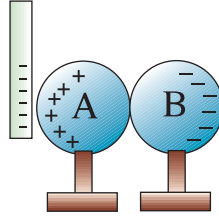
تعلم أكثر عن شحن موصلين كهربائيين بالحث الكهربائي على الموقع:
<<http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/mmedia/estatics/itsn.html>>.

شحن الموصلات الكهربائية بالحث الكهربائي

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

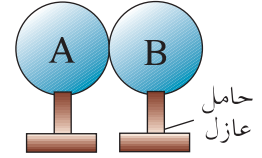
(أ) لشحن موصلين بشحنات متساوية ومتضادة

الخطوة 1: يُلمس موصلان (أشكال كروية فلزية) على حوامل عازلة ببعضهما البعض (شكل 1-13).



حث شحنات موجبة وسالبة على A، B على التوالي

شكل 1-14

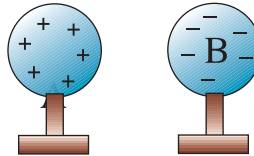


تلامس موصلين كهربائيين معزولين وغير مشحونين

شكل 1-13

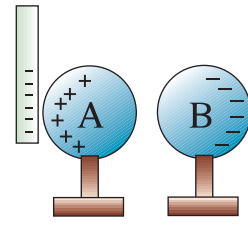
الخطوة 2: يوضع قضيب سالب الشحن بالقرب من الشكل الكروي A (شكل 1-14). ويتسبب ذلك في تنافر الإلكترونات من A إلى أبعد جانب من الشكل الكروي B. وبهذا الشرط سيكون لدى الشكل الكروي A وحده شحنة موجبة زائدة (بسبب فقد إلكترونات)، بينما يكون للشكل الكروي B وحده شحنة سالبة زائدة (بسبب اكتساب إلكترونات).

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



أزيلت الشحنة المستحثة؛ A، B لهما شحنات متضادة.

شكل 1-16



انفصل 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).

ماذا لو أخذت القضيب بعيداً قبل فصل الشكلين الكرويين؟



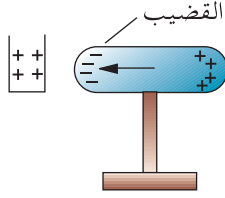
تعلم أكثر عن شحن موصل كهربائي وحيد بالحث على الموقع:

<<http://www.glenbrook/k12.il.us/gbssci/phys/mmedia/estatics/isop.html>>.

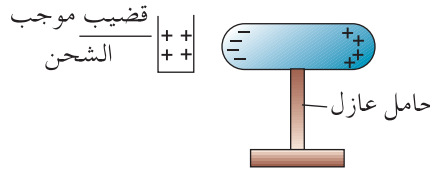
(ب) لشحن موصل كهربائي وحيد بالحث

الخطوة 1: أحضر قضيباً مشحوناً (وليكن موجب الشحن) إلى جوار الموصل الموضوع على حامل عازل (شكل 1 - 17).

إلكترونات حرة تتحرك تجاه



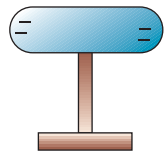
شكل 1 - 18



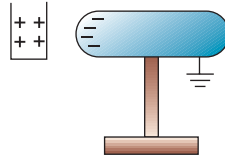
شكل 1 - 17

الخطوة 2: ستسحب الإلكترونات الحرة في الموصل تجاه طرفه الأقرب إلى القضيب موجب الشحن، تاركة الطرف الآخر ليكون له شحن موجب زائد. لاحظ أن الموصل لا يزال متعادلاً كهربائياً رغم إعادة توزيع الإلكترونات الحرة عليه (شكل 1 - 18).

الخطوة 3: دع القضيب موجب الشحن في مكانه، وصل الموصل الذي سيشحن بالأرض. ويمكن عمل ذلك بلمس الموصل بجسمنا لحظياً. ولأن جسمنا موصل جيد نسبياً، فإنه سيسمح بسريان إلكترونات إلى الموصل، لتتبادل الشحنة الزائدة الموجبة على الجانب البعيد للموصل. لاحظ الآن أن الموصل سيحمل شحنة سالبة زائدة (شكل 1 - 19).



شكل 1 - 20



شكل 1 - 19

الخطوة 4: عند إزالة القضيب الشاحن، سيعاد توزيع الشحنة السالبة الزائدة (الإلكترونات) على سطح الموصل، للوصول إلى استقرار كهروستاتيكي (شكل 1 - 20).

لاحظ كذلك أن شحن موصل وحيد بالحث سيؤدي دوماً إلى شحنة لها علامة عكس علامة شحنة القضيب الشاحن.

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

أسئلة التقويم الذاتي



(أ) ميز بين عازل كهربائي وموصل كهربائي.
(ب) إذا أعطيت شكلين كرويين فلزيين موضوعان على حوامل عازلة، وقضيب موجب الشحن، اشرح كيفية شحن الشكلين الكرويين الفلزيين بشحنات متساوية ومتضادة بالحث الكهربائي.

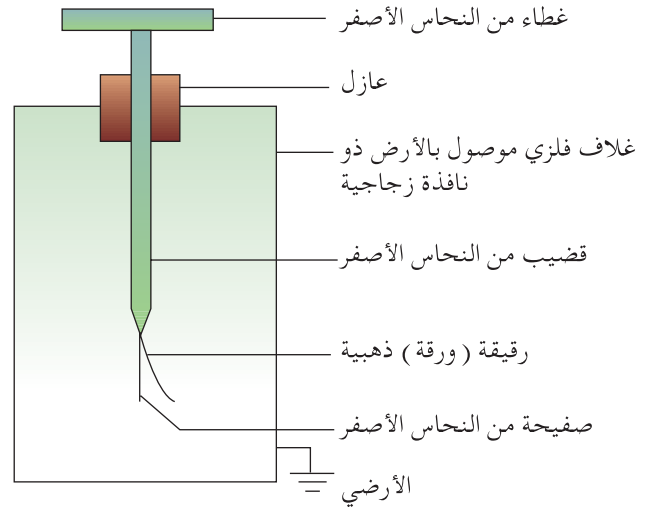
3 - 1 الكشاف الكهربائي

The Electroscope (Optional)

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



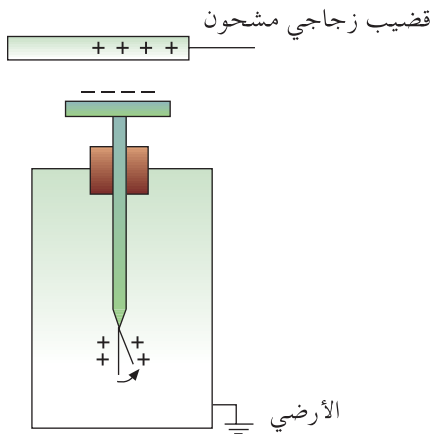
شكل 1 - 22 كشاف كهربائي



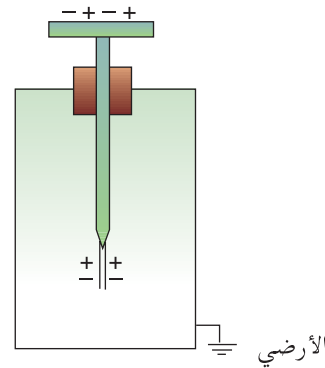
شكل 1 - 21 تركيب الكشاف الكهربائي

(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 كهربائياً (لا توجد شحنة زائدة).



شكل 1 - 24 الكشف عن شحنة

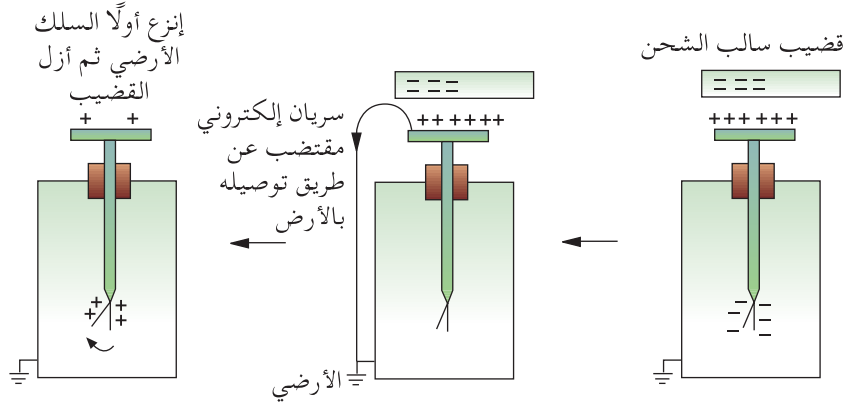


شكل 1 - 23 كشاف كهربائي غير مشحون

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

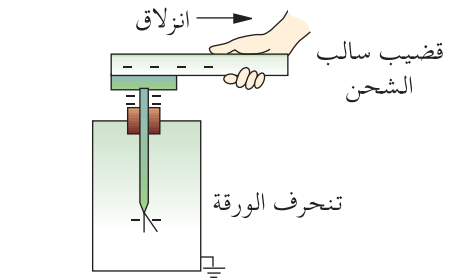
(ب) اختبار للكشف عن نوع الشحنة

للكشف عن نوع شحنة على جسم مشحون، يجب أولاً 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

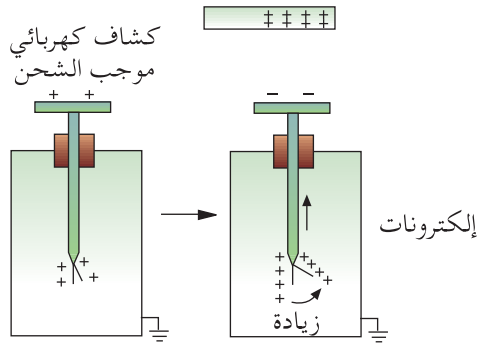
ولشحن الكشاف الكهربائي بشحنة سالبة، يمكننا زلق قضيب سالب الشحن على الغطاء النحاسي للكشاف (شكل 1 - 26) حتى تُنقل بعض الإلكترونات من القضيب المشحون إلى الغطاء، مما يؤدي إلى تباعد الورقة الذهبية.



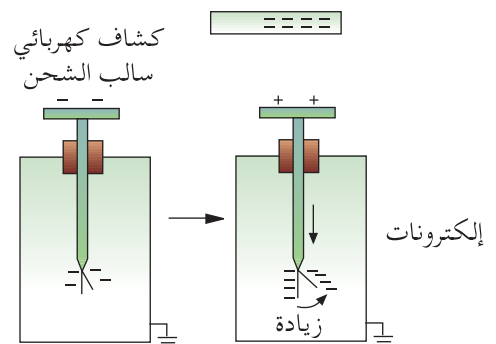
شكل 1 - 26 شحن كشاف كهربائي ذي الورقة الذهبية بشحنة سالبة بالاحتكاك

الكشف عن شحنة سالبة

إذا قُرب قضيب مشحون ذو شحنة مجهولة من كشاف كهربائي سالب الشحن، وزاد تباعد الورقة الذهبية، يمكننا استنتاج أن الشحنة على القضيب المشحون سالبة (شكل 1 - 27).



شكل 1 - 28 الكشف عن شحنة موجبة



شكل 1 - 27 الكشف عن شحنة سالبة

الكشف عن شحنة موجبة

وبالمثل إذا قُرب قضيب مشحون من كشاف كهربائي موجب الشحن، وازداد تباعد الورقة الذهبية، يمكننا استنتاج أن الشحنة على القضيب المشحون موجبة (شكل 1 - 28).

لاحظ أنه في حالتي الكشف عن نوع الشحنة، استخدمت فقط ظاهرة التنافر بين الشحنات المتشابهة. هل تعرف لماذا لا يستخدم التجاذب بين الشحنات المختلفة في الكشف عن نوع الشحنة؟

أسئلة التقويم الذاتي

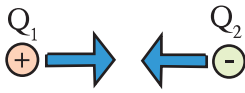
إذا أعطيت قضيب سالب الشحن، صف كيفية استخدامه لشحن كشاف كهربائي متعادل بشحنة موجبة.

4 - 1 المجال الكهربائي

Electric Field

القوى تكون ثنائية، وتعمل تبادلياً على جسمين في حالة تلامس. فالشخص الذي يدفع شخصاً آخر، والجسم الموضوع على المنضدة مثاليين لقوى تماس.

غير أن القوة بين الشحنات الكهربائية تعمل عبر مسافة ما دون تلامس الشحنات معاً. وتوجد تلك القوة غير التلامسية حتى عبر الفراغ. ويستخدم مفهوم المجال لشرح كون القوة الكهربائية قوة غير تلامسية. افترض شحنة منفصلة Q_1 موضوعة في فراغ. إذا وضعنا شحنة أخرى Q_2 بالقرب منها، فإن Q_2 ستعرض لقوة ما نتيجة المجال الذي كونه Q_1 . وستعرض Q_2 إما لقوة جذب إذا كانت شحنتها عكس الشحنة Q_1 (شكل 1 - 29 أ)، أو قوة تنافر إذا كانت شحنتها نفس نوع Q_1 (شكل 1 - 29 ب) ولهذا،



شكل 1 - 29 أ شحنت مختلفات

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

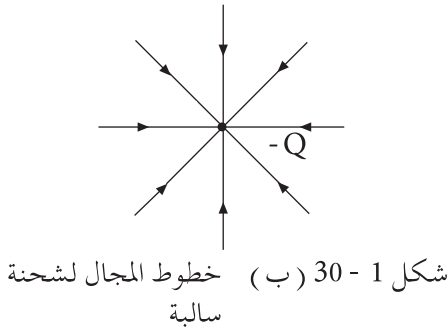


شكل 1 - 29 ب شحنت متشابهة

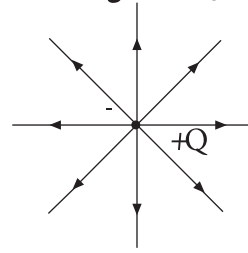
تمثيل المجال الكهربائي

تستخدم خطوط القوة لتمثيل اتجاه المجال الكهربائي، فتتجه خطوط القوة ناحية الخارج للشحنة الموجبة، وناحية الداخل للشحنة السالبة. ويبين شكل 1 - 30

(أ) خطوط المجال مشيرة للخارج للشحنة موجبة، ويبين شكل (1 - 30) أ (ب) خطوط المجال مشيرة للداخل للشحنة سالبة شكل (1 - 30) ب.



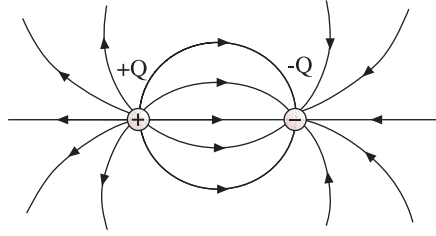
شكل 1 - 30 (ب) خطوط المجال لشحنة سالبة



شكل 1 - 30 (أ) خطوط المجال لشحنة موجبة

وتُبين 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 - 30 "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 1-31 "أ" نمط المجال الذي تكوّنهُ شحنة موجبة وشحنة سالبة موضوعتان بالقرب من بعض. ويبين شكل 1-31 "ب" نمط المجال الذي كونته شحنتان موجبتان.



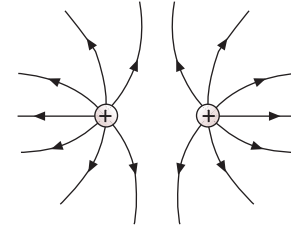
شكل 1 - 31 "أ" خطوط المجال نتيجة وضع شحنة موجبة وشحنة سالبة بالقرب من بعض

ويكون المجال الكهربائي بين صفيحتين متوازيتين متقابلتي الشحن منتظمًا عند منطقة الوسط، كما هو مبين في شكل 1 - 32. لاحظ أن خطوط المجال تبدأ من شحنات موجبة على صفيحة واحدة، وتنتهي في شحنات سالبة على الصفيحة الأخرى.

نشاط على شبكة المعلومات الدولية



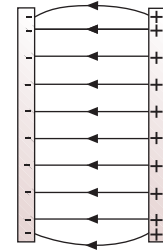
افحص الرسم المتحرك للمجالات الكهربائية على الموقع
<<http://www.bekkoame.ne.jp/~kamikawa/electricfield/elefie.htm>>.



شكل 1 - 31 "ب" خطوط مجال نتيجة وضع شحنتين موجبتين بالقرب من بعض

أسئلة التقييم الذاتي

ارسم رسمًا كروكيًا لخطوط المجال الكهربائي التي تتكون نتيجة:
(أ) شحنة موجبة منفصلة.
(ب) شحنة موجبة وأخرى سالبة موضوعتان بالقرب من بعضهما البعض.



شكل 1 - 32 خطوط مجال نتيجة صفائح مشحونة كهربائيًا بشحنات مختلفة تكون متوازية عدا الأطراف

بعض تطبيقات عملية، ومخاطر

5 - 1 الكهرباء الساكنة

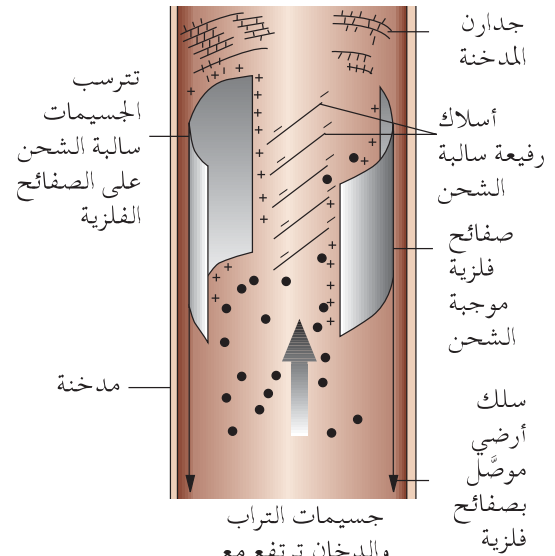
Some Practical Applications and Hazards of Electrostatics

بعض تطبيقات الكهرباء الساكنة

1- إزالة رماد المدخنة

يعتبر إزالة رماد المدخنة (مخلوط من الدخان وجسيمات التراب) بواسطة مرسّب كهروستاتيكي من محطات القدرة الحديثة التي تعمل بالفحم تطبيقًا مهمًا. إذا لم يُزل رماد المدخنة، ستفرغ المحطة شحنتها في الغلاف الجوي مسببة تلوثًا هوائيًا خطيرًا. ويبين شكل 1 - 33 كيفية إزالة مرسّب متصل بجدار المدخنة الدخان وجسيمات التراب من النفايات الغازية المنسابة خلال المدخنة إلى الغلاف الجوي. ويتكون المرسب من عدد من الأسلاك والصفائح. وتكون الأسلاك سالبة الشحن حتى تشحن جسيمات التراب سلبيًا عند المرور خلالها. وتكون الصفائح الموجبة المجمعة إيجابية الشحن لكي تجذب وتجمع جسيمات الرماد. ترجّح بعد ذلك الصفائح آليًا 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 - 33 مرسّب كهروستاتيكي

2- المولّدات الكهربائية ذات الفولت العالي

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



شكل 1 - 34 مولّد فان دي جراف



شكل 1 - 35 الطلاء بالرش

3- الطلاء بالرش

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

بعض أخطار الكهرباء الساكنة

1- البرق

من الشائع رؤية وميض البرق مباشرة قبل وأثناء أي عاصفة رعدية، ويرجع ذلك إلى تكوّن 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 مساراً موجّهاً لكمية الشحنة الضخمة التي تُفرّغ 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 المباني العالية، تُستخدم موانع الصواعق. والغرض منها (انظر شكل 1 - 36) توفير مسار تفريغ ثابت لعدد الإلكترونات الضخمة في الهواء حتى تسري من قمة البناية إلى الأرض، مما يقلل من فرص صواعق البرق (بسبب تفريغ الشحنة المفاجئ).

نشاط على شبكة المعلومات الدولية



ابحث على شبكة المعلومات الدولية عن المزيد من تطبيقات الكهرباء الساكنة. قد تجد تطبيقات مثل مرشحات الهواء، وآلات النسخ الضوئي... إلخ. كيف تستفيد تلك الآلات من الكهرباء الساكنة؟ راجع الموقع: <http://www.howstuffworks.com>.



شكل 1 - 36 يمنع مانع الصواعق أي تلف محتمل لبناية خلال العواصف الرعدية.

التربية الوطنية



ليبييا 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؟

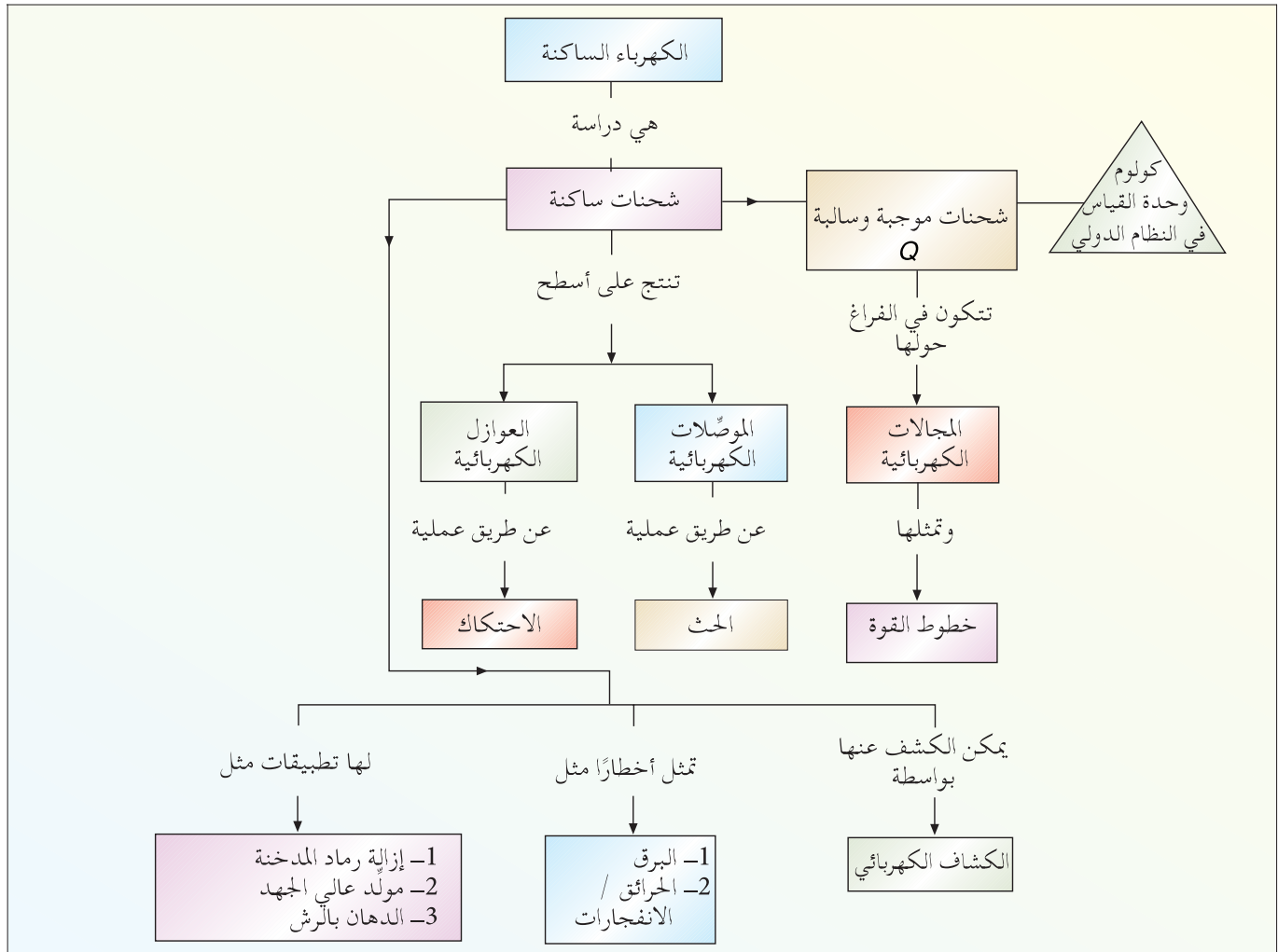
2- الحرائق أو الانفجارات

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 الطائرات من مطاط موصل للكهرباء بشكل طفيف، فتُفَرِّغ الكمية الكبيرة من الشحنة المكونة على هيكلها أثناء الطيران لحظة ملامسة الأرض من دون ضرر.

أسئلة التقويم الذاتي



- (أ) اذكر استخدامين للكهرباء الساكنة.
(ب) اذكر خطرين للكهرباء الساكنة.

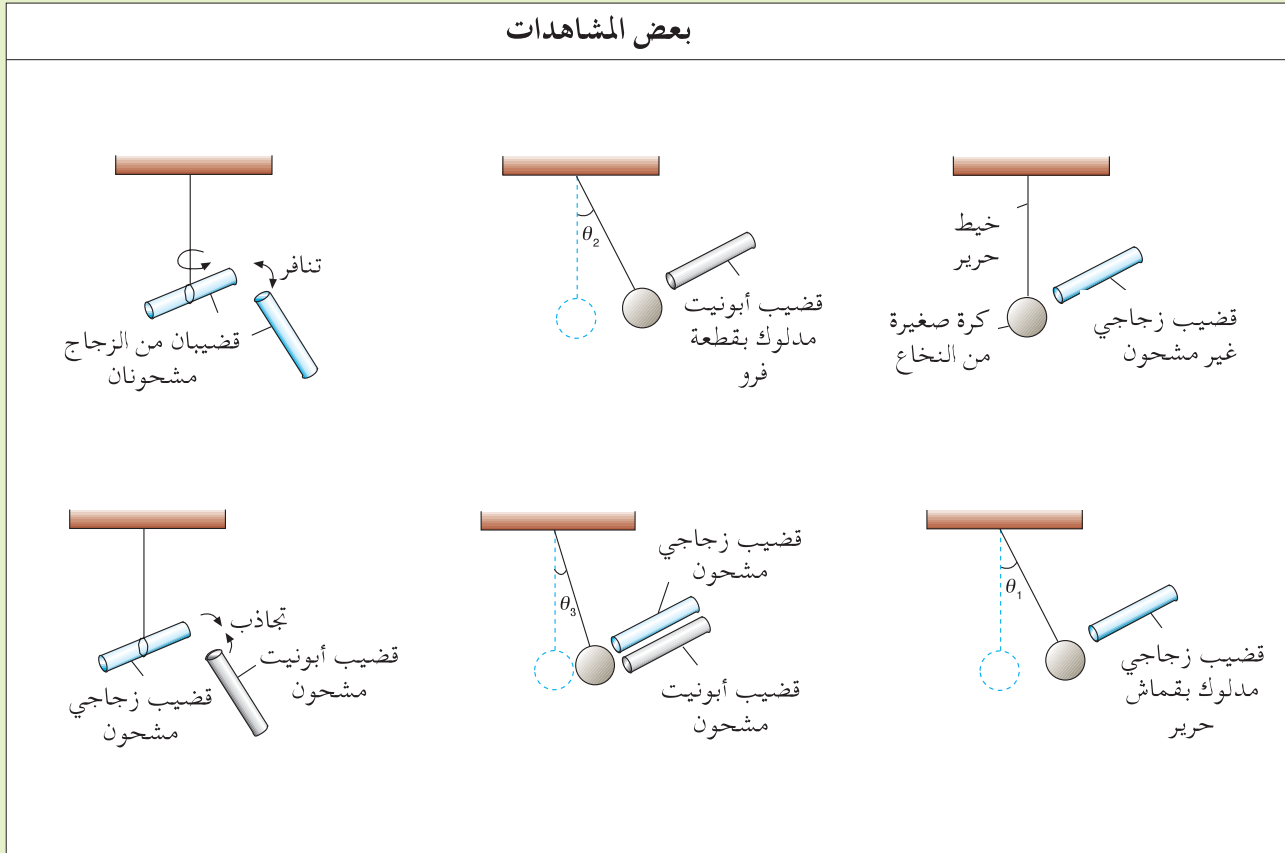


يحتوي المنظم البياني التالي على قائمة بالملاحظات في بعض التجارب الكهروستاتيكية. عليك استدلال الخواص الثلاث للشحنات الكهربائية.

ما تستدل عليه
خواص الشحنات الكهربائية



بعض الملاحظات



ثلاثة استنتاجات عن خواص الشحنات الكهربائية

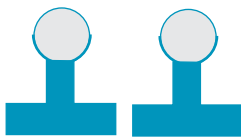
.....	-1
.....	-2
.....	-3

الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

- أي من العبارات التالية أفضل وصف لحركة الشحنات؟
- (أ) تفتز الإلكترونات من القضيب المشحون إلى القضيب الفلزي عبر الفجوة.
- (ب) تنتقل الإلكترونات في القضيب الفلزي من الطرف P للطرف Q.
- (ج) 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.

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

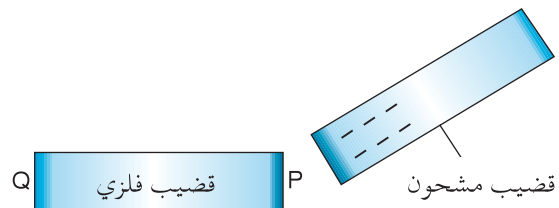
- 1- إذا أعطى أحد الطلبة قضيب أبونيت، وقضيباً زجاجياً، وقطعة من الفرو، وقطعة قماش حرير، كيف يمكنه إنتاج نوعين من الكهرباء؟
- 2- (أ) تجذب شريحة بوليثلين سالبة الشحن جسمًا معلقًا. هل من الصواب استنتاج أن الجسم موجب الشحن؟ لماذا؟
- (ب) تنفر شريحة بوليثلين سالبة الشحن من جسم معلق. ماذا تستنتج عن الشحنة على الجسم المعلق؟
- 3- ارسم مخططاً عليه البيانات لكاشف كهربائي ذي رقيقة ذهبية ثم اشرح كيفية شحنه بشحنة موجبة باستخدام قطعة حرير وقضيب من الزجاج.
- 4- يبين الرسم شكلين كرويين على دعائم عازلة يمكن حملها. أعط أحد الطلبة قضيباً زجاجياً وقطعة حرير. صف دون السماح بأي تلامس بين القضيب الزجاجي أو قطعة الحرير مع أي من الشكلين الكرويين، كيف يمكن للطالب شحن الشكلين الكرويين بشحنات متساوية ولكن متضادة.



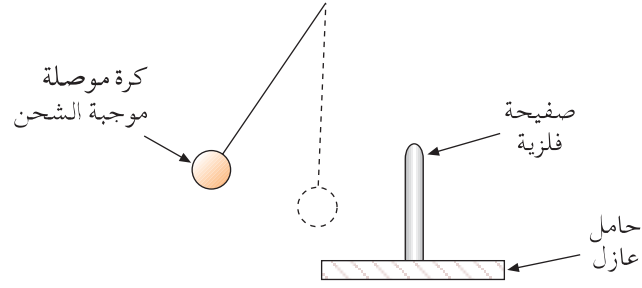
- 1- وحدة قياس الشحنة الكهربائية هي:
- (أ) الكولوم.
- (ب) الأمبير.
- (ج) الفولت.
- (د) الواط.
- 2- كيف يختلف الموصل الكهربائي عن العازل الكهربائي؟

الموصل العازل

- (أ) سالب الشحن. موجب الشحن.
- (ب) له إلكترونات حرة. ليس له إلكترونات حرة.
- (ج) يسخن بسرعة جداً. يسخن ببطء فقط.
- (د) لا يمكن شحنه. يمكن شحنه.
- 3- يصبح القضيب الزجاجي موجب الشحن عند ذلك بالحرير، ويصبح مشحوناً لأنه:
- (أ) يكتسب بروتونات.
- (ب) يكتسب إلكترونات.
- (ج) 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.
- (ج) إما القضيب مشحوناً أو كرة النخاع مشحونة، ولكن ليس الاثنين معاً.
- (د) يحمل كل من القضيب وكرة النخاع شحنات من نفس النوع.
- 5- يبين الرسم قضيباً سالب الشحن بالقرب من، ولكنه لايلمس قضيباً فلزياً.

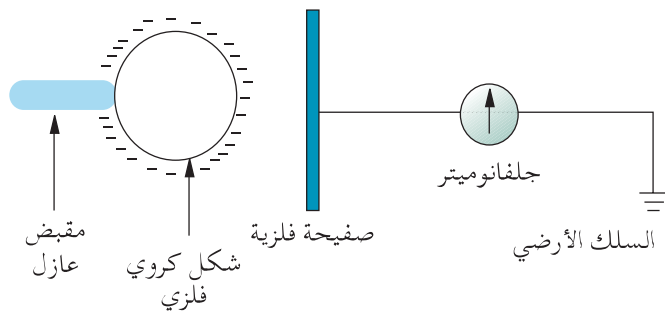


7- عُلقَت كرة موصلة خفيفة موجبة الشحنة رأسياً في خيط عازل. وعند تقريب صفيحة فلزية على حامل عازل، تنحرف الكرة مباشرة كما هو مبين بالشكل.



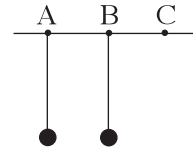
(أ) لماذا تنتقل الكرة في الحال إلى الموقع الجديد؟
(ب) كيف توضح حركة الكرة معنى المصطلح: المجال الكهربائي؟

8- يبين الرسم شكلاً كروياً سالب الشحنة ممسوكاً بمقبض عازل. عند تحريك الشكل الكروي ناحية الصفيحة الفلزية، يبين الجلفانوميتر الحساس جداً تياراً لحظياً.
(أ) لماذا ينتج تيار لحظي؟
(ب) كيف يمكن إحداث انحراف لمؤشر الجلفانوميتر في الاتجاه المقابل؟
(جـ) لماذا لا يوجد انحراف لمؤشر الجلفانوميتر إذا أُمسك الشكل الكروي الفلزي باليد، وتم تحريكه ناحية الصفيحة الفلزية؟



5- (أ) لماذا يمكن لأحد المسافرين جواً أن يصاب بصدمة كهربائية عند ملامسة مقبض باب دورة المياه في طائرة تطير على ارتفاع عالٍ؟
(ب) لماذا يُركَّب بعض أصحاب السيارات في سياراتهم بالبلاد المعرضة للعواصف الرعدية سلسلة دقيقة تجر على الطريق؟

6- تم تعليق كرتين خفيفتين صغيرتين عليهما طبقة من دهان فلزي في خيوط عازلة طويلة من النقطتين A، B كما هو مبين.



(أ) سُحِّنت الكرتان بشحنة موجبة. أكمل الشكل التالي لتبين المواقع الجديدة للكرات وخيوط تعليقها.

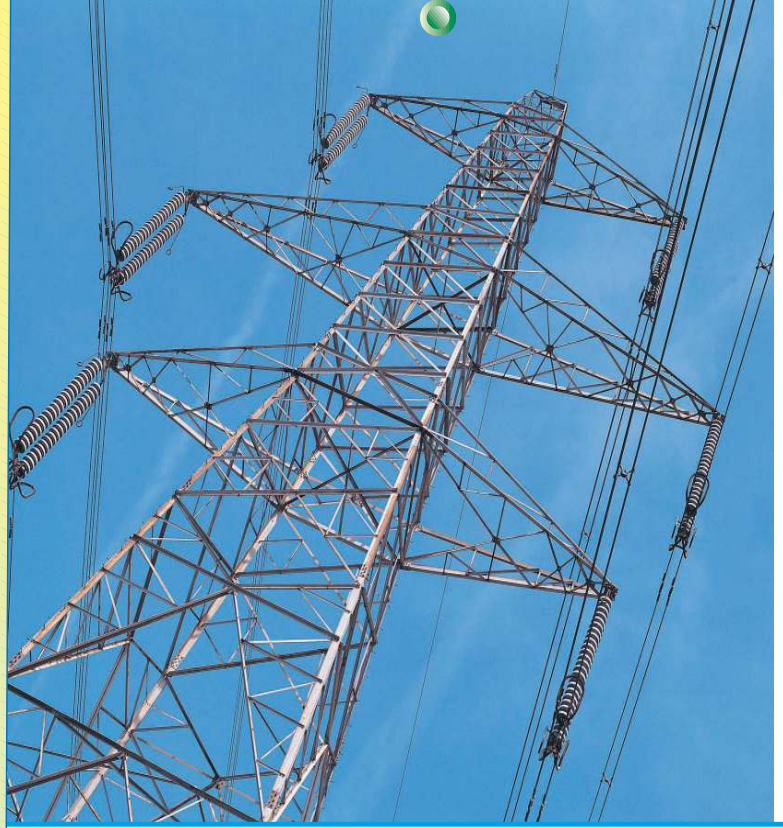


(ب) حُرِّكت الكرة المعلقة في B بحرص، وعلقت في C دون تغيير الشحنة على أي من الكرتين. أكمل الشكل التالي لتبين المواقع الجديدة للكرتين وخيوط تعليقهما.



مخرجات التعلم

- في هذه الوحدة، سوف ...
- تذكر أن التيار هو معدل سريان الشحنات، ويقاس بالأمبير.
- تُفرّق بين التيار التقليدي وسريان الإلكترونات.
- تتذكر العلاقة: الشحنة تساوي التيار \times الزمن.
- تُطبّق العلاقة بين الشحنة، والتيار، والزمن في مواقف جديدة، أو لحل مشكلات ذات صلة.
- تُعرّف 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.
- تُعرّف 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 موصل فلزي باستخدام فولتметр وأميتر، وتجري العمليات الحسابية الضرورية.
- 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.
- تتذكر صيغ المقاومة الكلية لعدد من المقاومات على التوالي وعلى التوازي.
- تطبق صيغ المقاومة الكلية لعدد من المقاومات على التوالي وعلى التوازي في مواقف جديدة، أو لحل مشكلات ذات صلة.
- ترسم وتفسر المنحنيات البيانية المميزة لفرق الجهد مقابل التيار لموصل فلزي عند درجة حرارة ثابتة، ولمصباح كهربائي فتيلي.



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

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

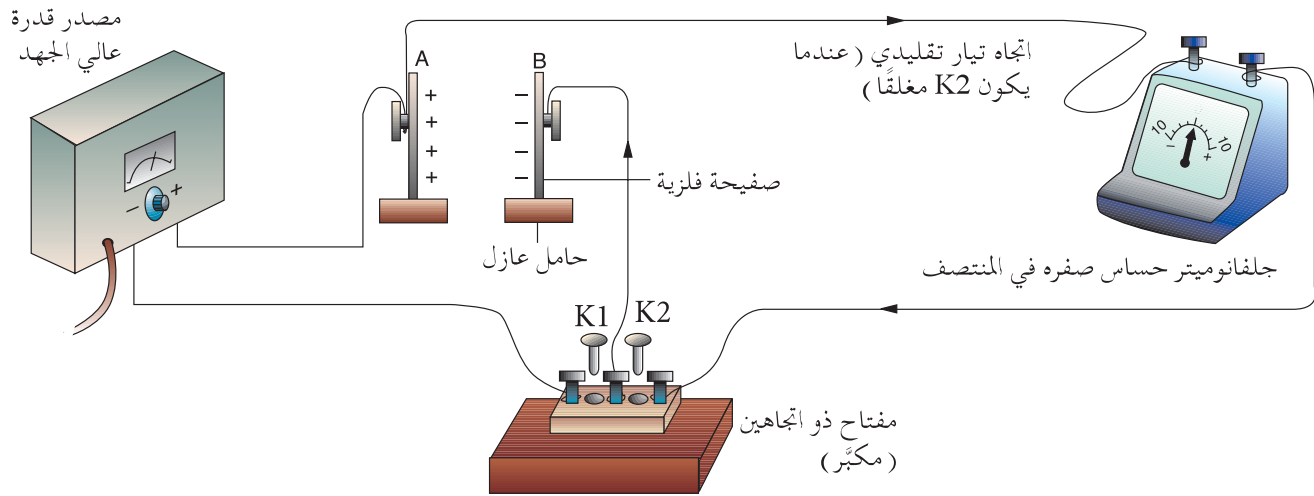
سنناقش أيضًا كيفية قياس بعض تلك الكميات. وسنختم الوحدة بدراسة الدوائر الكهربائية، حيث سنطبق معرفتنا الكهربائية في فهم الدوائر الكهربائية المتوالية والمتوازية.

1-2 الشحنة الساكنة والتيار الكهربائي

Static Charge and Electric Current

تعلمنا في الوحدة الأولى إمكانية شحن العوازل والموصلات الكهربائية بالاحتكاك والحث. ولا تتحرك الشحنات على سطح أي موصل مشحون معزول، بمعنى تكون الشحنات ساكنة، ولكن إذا وفرنا مساراً موصلًا فإن الشحنات تسري. وعند حدوث ذلك نقول تم إنتاج تيارًا كهربائيًا. ولنبين أن الشحنات المتحركة هي بمثابة تيار كهربائي، يمكننا إجراء التجربة التالية المبينة في شكل 1-2.

يُنزع في بداية التجربة المفتاحان K1، K2، وتفرغ الصفحتان الفلزييتان A، B من شحنتيهما. صل K1 لتوفير مسار توصيل مستمر (يسمى دائرة كهربائية) يربط مصدر القدرة عالي الجهد بالصفحتين الفلزييتين A، B.



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

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

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

وتتعاقد الشحنات الموجبة عند الصفحة A بالإلكترونات سالبة الشحنة الداخلة. ويفسر ذلك وجود تيار صغير يكشفه الجلفانوميتر، يرجع إلى تفرغ شحنة الصفحتين الفلزييتين.

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 ذكر سابقاً، 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

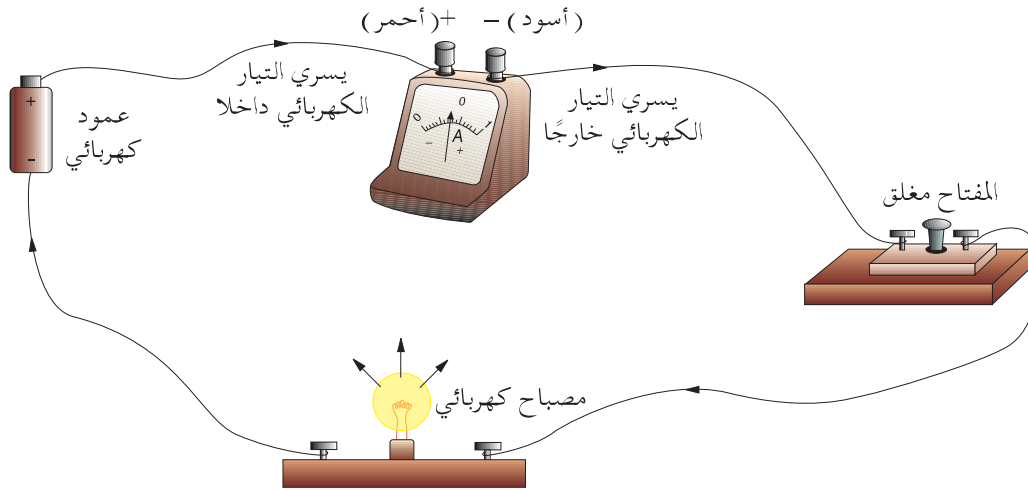


شكل 2-2 يقيس الأميتر شدة التيار الكهربائي

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

وسيعني تيار أكبر وليكن 10 A سريان 10 C من الشحنات خلال قطاع مستعرض معين من موصل كهربائي في ثانية واحدة. ويمكن قياس تيار شدته مثلاً 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 2-3 قياس تيار كهربائي باستخدام الأميتر

مثال محلول 2 - 1

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

الحل:

المعطيات: الشحنة، $Q = 30 \text{ C}$

الزمن، $t = 2 \times 60 \text{ s}$

شدة التيار، $I = \frac{Q}{t}$

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

$$= 0.25 \text{ A}$$

تذكر:

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

شدة التيار = $\frac{\text{الشحنة}}{\text{الزمن}}$

مثال محلول 2 - 2

شدة التيار المار في مصباح كهربائي 0.2 A. فإذا تم تشغيل المصباح لمدة ساعتين، ما مجموع الشحنة الكهربائية التي تمر خلال المصباح؟

الحل:

المعطيات: شدة التيار، $I = 0.2 \text{ A}$

الزمن، $t = 2 \times 60 \times 60 \text{ s}$

المجموع الكلي للشحنة الكهربائية يساوي التيار \times الزمن

$$Q = It$$

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

$$= 1440 \text{ C}$$

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

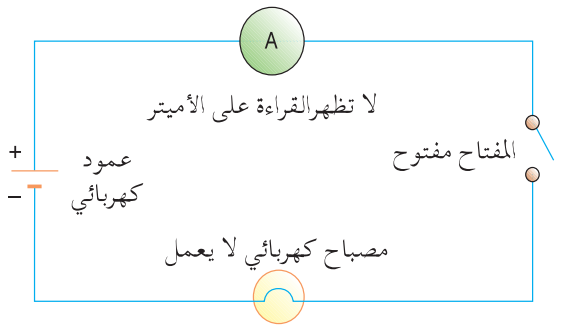
Electric Symbols

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.

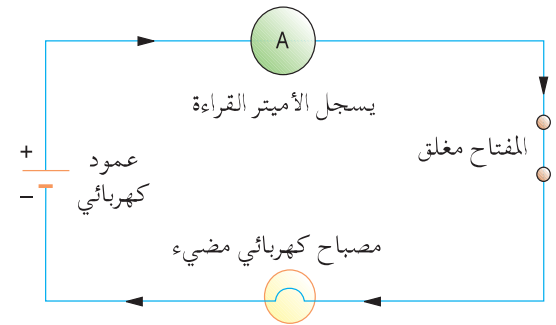
جدول 2-1 الأجهزة الشائعة الموظفة في الدوائر الكهربائية

الأداة	الرمز	الأداة	الرمز	الأداة	الرمز
جلفانوميتر		مصباح كهربائي		مفتاح	
أميتر		مقاومة ثابتة		عمود كهربائي	
فولتميتر		مقاومة متغيرة (أو ريوستات)		نضيدة	
مفتاح ذو اتجاهين		منصهر		منبع قدرة كهربائية	
موصل أرضي		ملف من السلك		أسلاك توصيل	
مكثف كهربائي		محول		أسلاك متعامدة	

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).

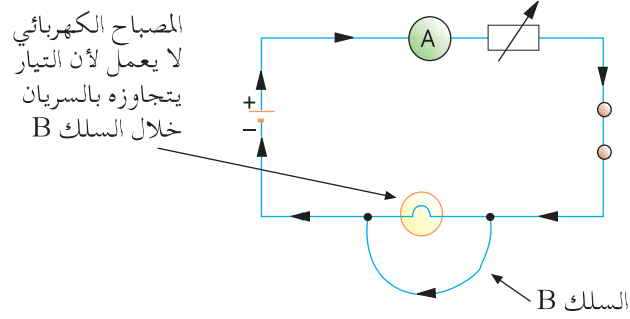


شكل 2-5 دائرة مفتوحة

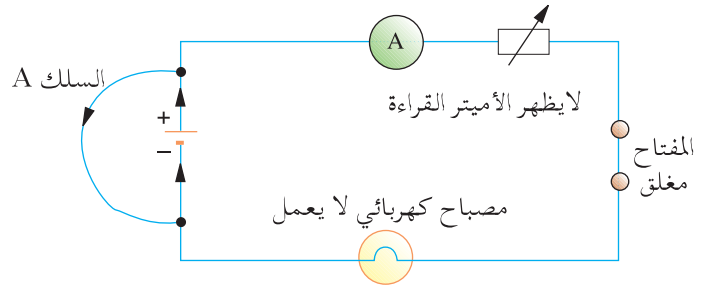


شكل 2-4 دائرة مغلقة

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. والدائرة في شكل 2-6 مثال للدائرة الكهربائية القصيرة.



شكل 2-7 دائرة كهربائية قصيرة أخرى



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 مثالاً آخر للدائرة الكهربائية القصيرة، يسري فيها التيار بالسلك B، ولا يمر بالمصباح فلا يضيء رغم مرور التيار في الدائرة.

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) ماذا يمثل هذا الرمز \ominus ؟

(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 عموداً كهربائياً (مصدر قوة دافعة كهربائية) متصلاً بمصباح كهربائي. وتكون القوة الدافعة الكهربائية للمصدر (عمود كهربائي) في شكل 2-8 قادرة على الحفاظ على طرفها العلوي موجباً، وطرفها السفلي سالباً (كما هو موضح بعلامات +، -).

وعند غلق المفتاح، يدفع العمود الكهربائي تياراً (I) في اتجاه حركة عقارب الساعة عبر الدائرة. وعند دخول شحنة موجبة إلى مصدر القوة الدافعة الكهربائية عند نقطة جهدها السفلى (طرف سالب)، تبذل القوة الدافعة الكهربائية للمصدر كمية شغل على الشحنة الموجبة لتمكينها من الوصول إلى نقطة ذات جهد أعلى (طرف موجب).

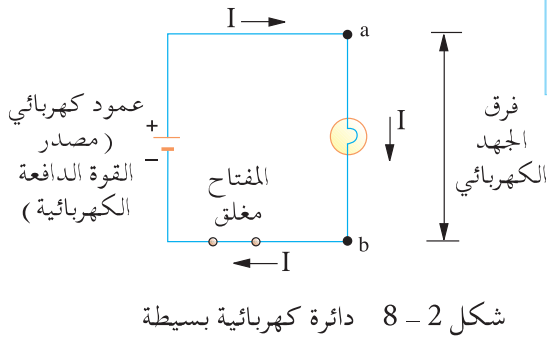
إن نقطة ذات جهد عالٍ هي منطقة يوجد بها عدد أكبر من الشحنات الموجبة عن أي مكان آخر. ونقطة الجهد المنخفض هي منطقة يوجد بها عدد أقل من الشحنات الموجبة (أو شحنات سالبة أكثر) عن أي مكان آخر.

وتعرّف القوة الدافعة الكهربائية لعمود كهربائي بأنها الطاقة المحوَّلة 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



شكل 2-8 دائرة كهربائية بسيطة

ومن المعادلة السابقة تكون وحدة قياس القوة الدافعة الكهربائية هي جول 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.
 ويكون فرق الجهد الكهربائي هذا تياراً 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).

ويُعرّف فرق الجهد بين نقطتين بأنه الطاقة الكهربائية المحولة إلى أشكال أخرى عند مرور واحد كولوم من شحنة موجبة بين النقطتين.

وبالرموز:

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

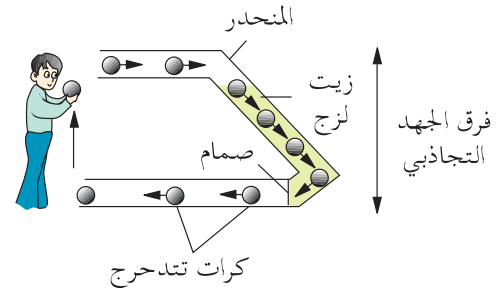
حيث V تساوي فرق الجهد
 W تساوي الطاقة الكهربائية المحولة إلى أشكال
 أخرى
 Q تساوي الشحنة

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

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

نظير تجاذبي لدائرة كهربائية بسيطة

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



شكل 2-9 نظير تجاذبي

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.

مثال محلول 2-3

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

الحل:

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

وباستخدام $E = \frac{W}{Q}$ ، حيث W تساوي القوة التي يبديها العمود

$$\begin{aligned} W &= EQ \quad \text{ولهذا} \\ &= (1.5)(0.4) \\ &= 0.6 \text{ J} \end{aligned}$$

تذكر:

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

القوة الدافعة الكهربائية،

مثال محلول 2-4

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

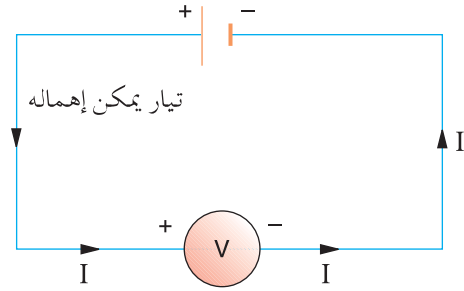
الحل:

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

$$\begin{aligned} \text{وباستخدام } V &= \frac{W}{Q} \text{ حيث } V \text{ تساوي فرق الجهد} \\ &= \frac{9 \times 10^6}{3.75 \times 10^4} \\ &= 240 \text{ V} \end{aligned}$$

قياس القوة الدافعة الكهربائية وفرق الجهد

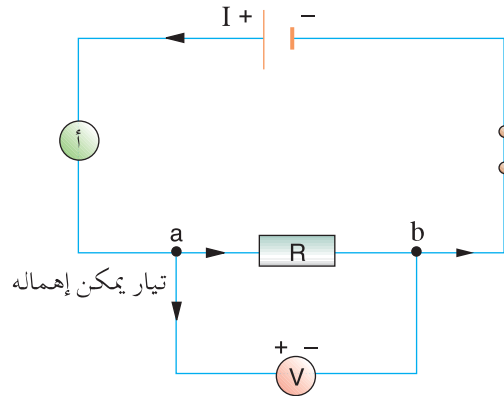
يمكن قياس القوة الدافعة الكهربائية لمصدر ما (مثل عمود كهربائي) تقريبياً باستخدام فولتметр متصل مباشرة عبر أطراف المصدر. يبين شكل 2-10 رسم الدائرة الكهربائية لتعيين القوة الدافعة الكهربائية التقريبية للعمود كهربائي بالفولت.



شكل 2-10 قياس القوة الدافعة الكهربائية

لاحظ أن التيار i (عادة ما يكون صغيراً جداً) يسري إلى الطرف الموجب (أو الأحمر) للفولتيمتر، ويتركه من الطرف السالب (أو الأسود). ولاحظ كذلك أن الطرف الموجب للعمود الكهربائي يكون متصلاً بالطرف الموجب للفولتيمتر، وأن الطرف السالب للعمود الكهربائي يكون متصلاً بالطرف السالب للفولتيمتر.

ولقياس فرق الجهد بالفولت بين نقطتين على جانبي حمل (مثل مقاومة R) يوصل دائماً الفولتيمتر على التوازي مع المقاومة (شكل 2-11).



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

ويجب أن يكون لدى الفولتيمتر 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.



شكل 2-12 يقيس الفولتيمتر القوة الدافعة الكهربائية أو فرق الجهد

أسئلة التقويم الذاتي

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

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

تعرف 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.

$$R = \frac{V}{I} \text{، ومن التعريف،}$$

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

المقاومات

أي موصل كهربائي يُستخدم لتوفير قيمة معلومة من المقاومة في دائرة كهربائية يسمى مقاومة. والغرض الرئيس للمقاومات هو التحكم في حجم التيار الساري في الدائرة الكهربائية. ويوجد نوعان من المقاومات، المقاومات الثابتة والمقاومات المتغيرة (أوريوستات). ويتنوع مدى مقاومة المقاومات من أقل من واحد أوم إلى عدة ميجا أوم طبقاً لاستخدامها.

المقاومات الثابتة

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

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



شكل 2 - 13 الأنواع المختلفة للمقاومات الثابتة

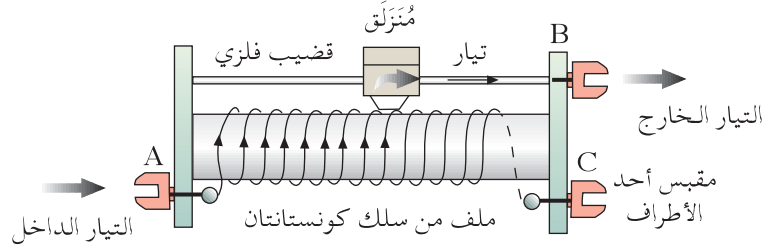
ويبين شكل 2 - 13 الأنواع العديدة من المقاومات الثابتة رغم اشتراكها جميعاً في نفس الرمز الكهربائي: \square .

المقاومات المتغيرة (ريوستات)

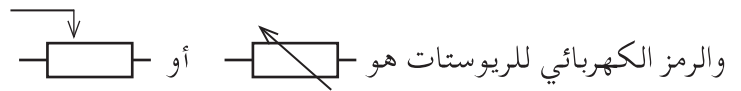
تُضمن المقاومة المتغيرة في الدائرة الكهربائية لتنويع التيار الساري فيها. ويبين شكل 2-14 ريوستات شائع الاستخدام في المعامل، بينما يبين شكل 2-15 رسماً تخطيطياً لمثل ذلك الريوستات.



شكل 2-14 ريوستات



شكل 2-15 رسم تخطيطي لريوستات



تحديد مقاومة حمل

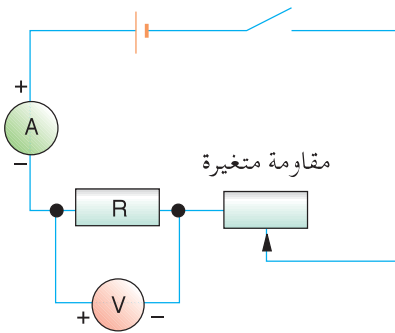
لتحديد مقاومة حمل ما (مثل مقاومة مجهولة R) يمكننا تركيب دائرة كهربائية بسيطة باستخدام أميتر وفولتметр. ويستخدم الأميتر لتعيين التيار الذي يمر خلال ذلك الحمل، ويستخدم الفولتметр لإيجاد فرق الجهد عبر ذلك الحمل. ويمكن حساب مقاومة ذلك الحمل باستخدام تعريف المقاومة.

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

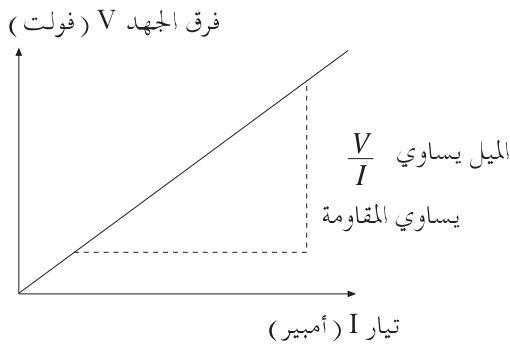
حيث R تساوي مقاومة الحمل
 V تساوي فرق الجهد عبر الحمل
 I تساوي التيار الساري خلال الحمل



شكل 2-16 نوع آخر من المقاومات المتغيرة



شكل 2-17



شكل 2-18



تجربة 2-1

لتحديد قيمة مُقاومة (ذات مقاومة منخفضة) باستخدام فولتметр وأميتر.

الأدوات: فولتметр، أميتر، مقاومة متغيرة، مِرْكَم.

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 الفولتيميتر V .

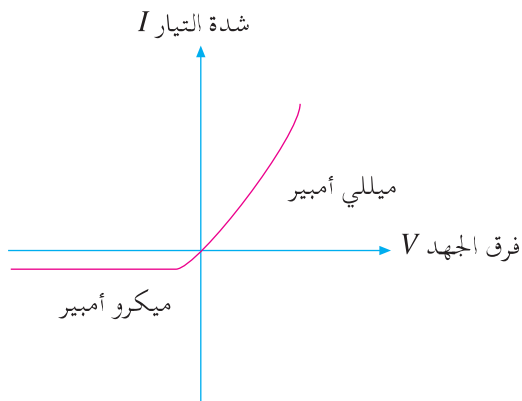
4- اضبط المقاومة المتغيرة لتسمح بسريان تيار أكبر في الدائرة. ثم راقب مرة ثانية مقدار I و V .

5- كرر الخطوة السابقة مع خمس مجموعات من قراءات V, I .

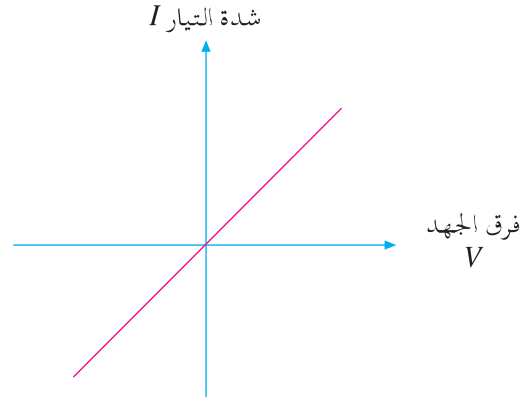
6- ارسم العلاقة البيانية V مقابل I ثم حدد ميل الخط المستقيم الناتج.

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

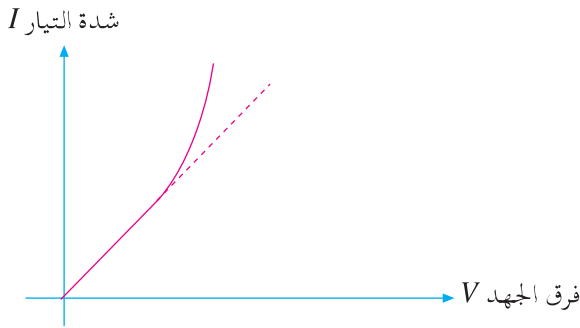
خواص التيار - فرق الجهد (V - I) لمواد عديدة، وقانون أوم.
تبين الرسومات البيانية التالية الخواص النموذجية لموصلات عديدة.



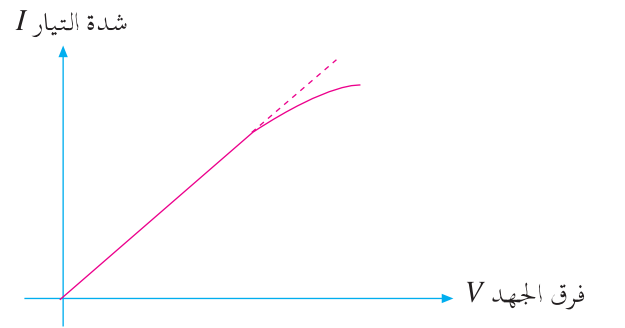
شكل 2 - 20 وصلة ثنائية p-n من أشباه الموصلات



شكل 2 - 19 فلزات نقية عند درجة حرارة ثابتة



شكل 2 - 22 مَقاوِمات حرارية



شكل 2 - 21 مصباح فتيلي

بالنسبة لحالة الموصلات 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 موصل كهربائي فلزي تناسباً طردياً مع فرق الجهد المسلط عبر طرفيه، عندما تكون الشروط الفيزيائية (مثل درجة الحرارة) ثابتة.

وبالرموز:

$$I \propto V \quad \text{حيث } I \text{ هي شدة التيار،}$$

$$V \text{ هي فرق الجهد.}$$

أو

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

وتوصف أي موصلات أخرى غير الموصلات الفلزية تخضع لقانون أوم بأنها موصلات كهربائية أوميّة.

وبالنسبة للموصلات الأخرى في شكل 2 - 20 إلى شكل 2 - 22 فإن نسبة $\frac{V}{I}$ تتغير لأن المنحنيات البيانية لاتبين خطأ مستقيماً. ويعني

ذلك أن المقاومة $\left(R = \frac{V}{I}\right)$ لمثل تلك الموصلات 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، والموصلات فائقة التوصيل، والأجهزة الأيونية الحرارية (حتى لو ظلت درجة الحرارة ثابتة)، وتسمى مثل تلك المواد موصلات غير أومية.

مثال محلول 2 - 5

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 .

الحل:

(أ) المعطيات: فرق الجهد، $V = 240\text{ V}$

التيار، $I = 8\text{ A}$

وباستخدام المعادلة $R = \frac{V}{I}$

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

$$= 30\ \Omega$$

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

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

وباستخدام قانون أوم:

$$V' = I'R$$

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

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

$$= 7.33\text{ A}$$

وهو التيار الجديد الساري عبر ملف التسخين.

تذكر: $R = \frac{V}{I}$

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) هل تكون مقاومة الفتيل في المصباح الكهربائي أصغر عندما

يكون ساخناً أم عندما يكون بارداً؟

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

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

المقاومة النوعية

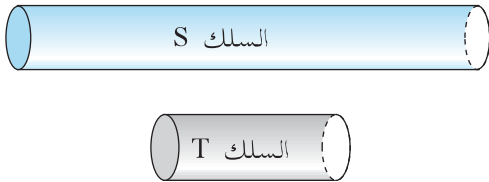
إلى جانب درجة الحرارة، تعتمد أيضًا مقاومة موصل معين R على:

- (1) طوله l
- (2) مساحة مقطعه المستعرض A
- (3) نوع المادة.

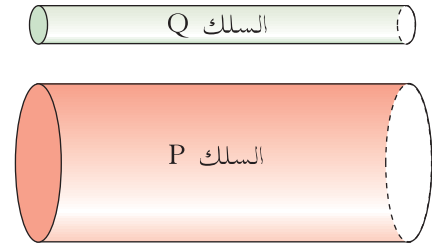


لقد أعطيت الأدوات التالية: أميتر، فولتمتر، مِرْكَم، مقاومة متغيرة، أسلاك توصيل، 1.2 m من سلك كونستانتان (SWG 20).
(أ) ارسم دائرة كهربائية تمكنك من قياس مقاومة 1 m من سلك كونستانتان. ما المقاييس التي ستأخذها، وكيف ستحسب المقاومة؟
(ب) ما الخطوات الأخرى التي ستتبعها لاستقصاء كيفية اختلاف المقاومة مع طول السلك l ؟

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.



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



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

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

$$R \propto \frac{1}{A} \dots \dots \dots (1)$$

ويبين شكل 2-24 سلكين S، T 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 طردياً مع الطول l عندما تكون مساحة المقطع المستعرض ونوع المادة ثابتين، وبالرموز:

$$R \propto l \dots\dots\dots (2)$$

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

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

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

أو

حيث ρ (كمية ثابتة) خاصية مادة الموصل تسمى مقاومته النوعية.

$$R = \rho \frac{l}{A} \text{ ومن}$$

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

لأن R تُعطى بالأوم، 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°C)

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

يمكن من جدول 2-2 رؤية أنه كلما كانت المقاومة النوعية للمادة أدنى، كلما كانت المادة موصلًا أفضل للكهرباء. والنحاس الأحمر على سبيل المثال (مقاومته النوعية $1.7 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$) موصل أفضل بكثير للكهرباء من النيكروم (مقاومته النوعية $100 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$). 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.

مثال محلول 2 - 6

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

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

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

الحل:

(أ) المعطيات: طول سلك النيكروم، $l = 15\text{ m}$

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

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

ولنفترض أن مقاومة سلك النيكروم هي R

وباستخدام $R = \rho \frac{l}{A}$ إذا،

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

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

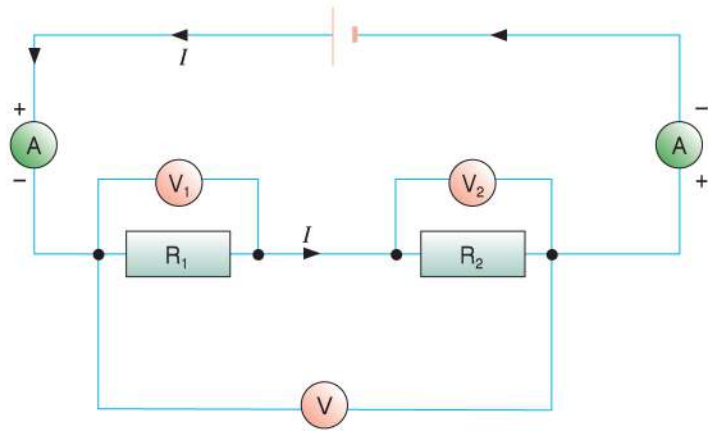
ولنفترض أن مقاومة سلك النحاس هي R' .

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

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

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



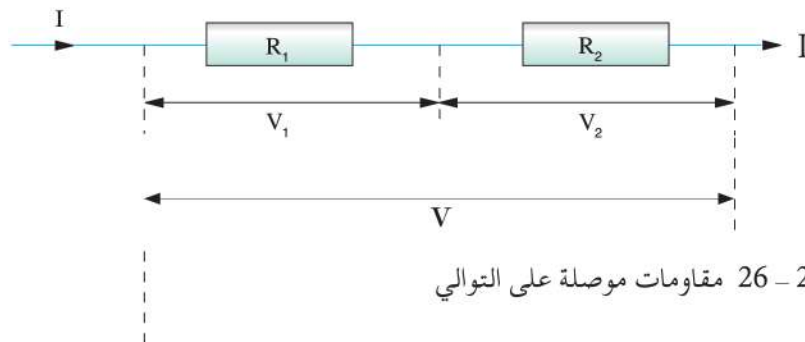
شكل 2 - 25 دائرة كهربائية متوالية (فيها مقاومات موصلة على التوالي)

يبين شكل 2 - 25 دائرة كهربائية تتصل فيها جميع المكونات ألاً وهي العمود الكهربائي، وجهازي أميتر، ومقاومتين R_1 ، R_2 على التوالي. وجهازي فولتمير V_1 ، V_2 متصل مع R_1 ، R_2 على التوازي في الدائرتين و فولتميتير مع المجموعتين.

التيار الكهربائي وفرق الجهد الكهربائي في دائرة كهربائية متوالية
تبين النتائج التجريبية أن كلا من جهاززي الأميتر يسجلان نفس القراءة. ويعني ذلك أن التيار الساري إلى المقاومتين R_1 ، R_2 هو نفس التيار الخارج منهما. ووجد أن مجموع فرق الجهد الفردي V_1 ، V_2 عبر R_1 ، R_2 متساوٍ مع فرق الجهد V عبر المقاومتين.

المقاومات الموصلة على التوالي

يتضح من شكل 2 - 25 أن المقاومتين R_1 ، R_2 موصلتين على التوالي لأن التيار I الساري خلالهما هو نفسه. وباستخدام قانون أوم يمكن إيجاد فروق الجهد V_1 ، V_2 عبر R_1 ، R_2 باستخدام $V_1 = IR_1$ ، $V_2 = IR_2$ كما هو مبين في شكل 2 - 26.



شكل 2 - 26 مقاومات موصلة على التوالي

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

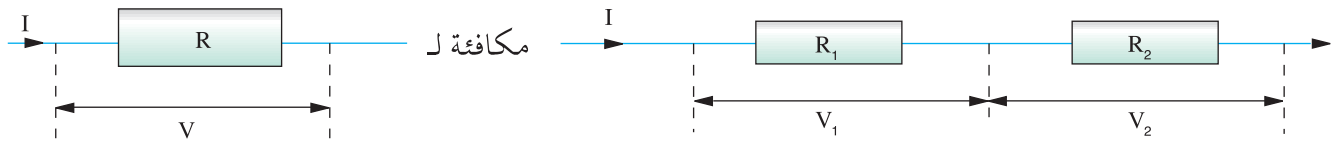
$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 \\ &= IR_1 + IR_2 \\ &= I(R_1 + R_2), \end{aligned}$$

$$\frac{V}{I} = R_1 + R_2 \quad \text{ولهذا،}$$

$$\frac{V}{I} = R \quad \text{وبالمعادلة،}$$

$$R = R_1 + R_2 \quad \text{ولهذا،}$$

والنتيجة، $R = R_1 + R_2$ تعني أن:



شكل 2 - 27

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:

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

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

مثال محلولة 2 - 7

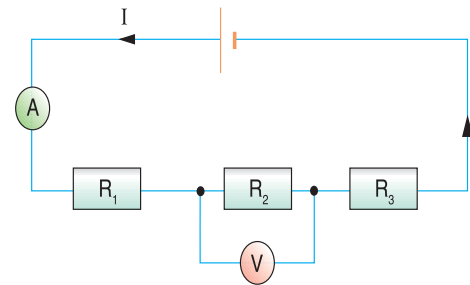
أوجد المقاومة الكلية لثلاث مقاومات على التوالي (شكل 2 - 28) بافتراض أن $R_1 = 1 \Omega$ ، R_2 مجهولة، $R_3 = 2 \Omega$. والتيار المسجل على الأميتر هو 1 A وقراءة الفولتمتر عبر R_2 هي 3 V .

الحل:

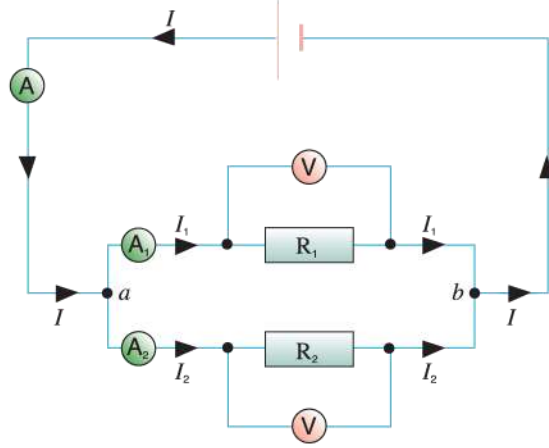
$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{V}{I} \quad \text{باستخدام المعادلة} \\ &= \frac{3}{1} \\ &= 3 \Omega \end{aligned}$$

وبالنسبة للمقاومات على التوالي تعطى المقاومة الكلية R بالمعادلة التالية

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_2 + R_3 \\ &= 1 + 3 + 2 \\ &= 6 \Omega \end{aligned}$$



شكل 2 - 28



شكل 2 - 29 دائرة كهربائية متوازية (فيها المقاومات موصلة على التوازي)

يبين شكل 2 - 29 دائرة كهربائية تتصل فيها المقاومتين R_1 ، R_2 على التوازي .

فرق الجهد والتيار الكهربائي في دائرة كهربائية متوازية

تبين النتائج التجريبية أن جهازي الفولتметр المتصلين عبر R_1 ، R_2 يسجلان نفس القراءة، مما يعني أن فرق الجهد عبر المقاومتين المتوازيتين هو نفسه . وذلك متوقع لأن جهازي الفولتметр يقيسان فرق الجهد عبر النقطتين a و b واللذان بدورهما يتصلان بالعمود الكهربائي . وبالإضافة لذلك فإن التيار I الساري في النقطة المشتركة a ينقسم إلى I_1 ، I_2 ثم يتصل مرة أخرى ليصبح I عند النقطة المشتركة الأخرى b . ويحدث ذلك الانقسام للتيار فقط في الدوائر المتوازية .

المقاومات الموصلة على التوازي

من شكل 2 - 29، 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

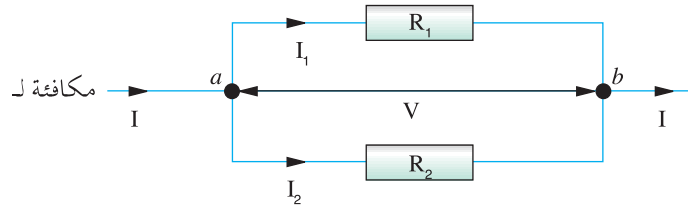
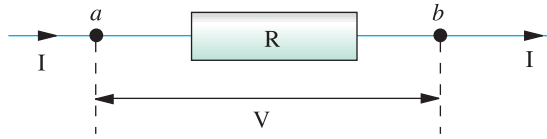
$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} \quad \text{لهذا،}$$

حيث R هي المقاومة الكلية للمقاومتين .

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

وعليه

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



شكل 2 - 30 مقاومات على التوازي

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

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

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

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2} \text{ تصح } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

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 دائماً أصغر من أصغر المقاومات الفردية.

مثال محلول 2 - 8

يبين شكل 2 - 31 مقاومتين 3Ω ، 6Ω موصلتين على التوازي، ومقاومة 2Ω موصلة معهما على التوالي.

احسب:

(أ) المقاومة الكلية للمقاومات 3Ω ، 6Ω .

(ب) المقاومة الكلية لجميع المقاومات الثلاث.

الحل:

(أ) بما أن المقاومات 3Ω ، 6Ω هما على التوازي،

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} \quad \text{فإن}$$

حيث R تساوي المقاومة الكلية للمقاومات 3Ω ، 6Ω .

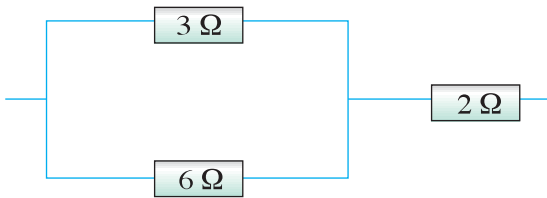
ولهذا، $R = 2 \Omega$

(ب) مجموع المقاومة على التوالي R_{tot} يعطى بالعلاقة:

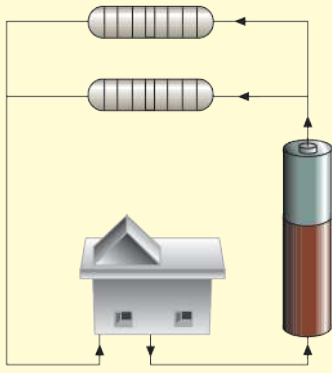
$$R_{\text{tot}} = R + 2$$

$$= 2 + 2$$

$$= 4 \Omega$$



شكل 2 - 31



شكل 2 - 32 المقاومات على التوازي

يتطلب هذا النشاط برنامج «فيزياء - التماسيح». فإن لم يكن لدى مدرستك نسخة يمكنك استئصال نسخة استعراضية من موقع www.crocodile-clips.com.

كوّن دائرة كهربائية باستخدام مقاومتين بحيث تكونا على التوازي، ودائرة كهربائية أخرى بمقاومتين على التوالي.

1- شغل الدائرتين، ثم ضع سهم الإشارة فوق كل مقاومة على الترتيب، وسيظهر صندوق نص يبين التيار الساري في المقاومة. لاحظ التيارات في كل مقاومة.

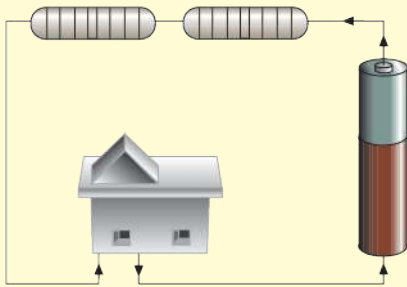
2- قس التيارات في كل عمود كهربائي.

3- ضع سهم الإشارة على السلك على جانبي المقاومة. هل تستطيع استنتاج فرق الجهد عبر كل مقاومة؟

4- من فروق الجهد والتيارات التي قستها، احسب مقاومات كل مقاومة.

5- احسب المقاومات الكلية للمقاومات على التوازي وعلى التوالي في كل دائرة كهربائية.

ماذا لو تم استبدال المقاومتين بمصباحين كهربيين؟ ما نوع الاتصال، متوال أم متواز، الذي يكون فيه المصباح الكهربائي أكثر إضاءة؟ جرّب ذلك. هل يمكنك تفسير تلك المشاهدة؟



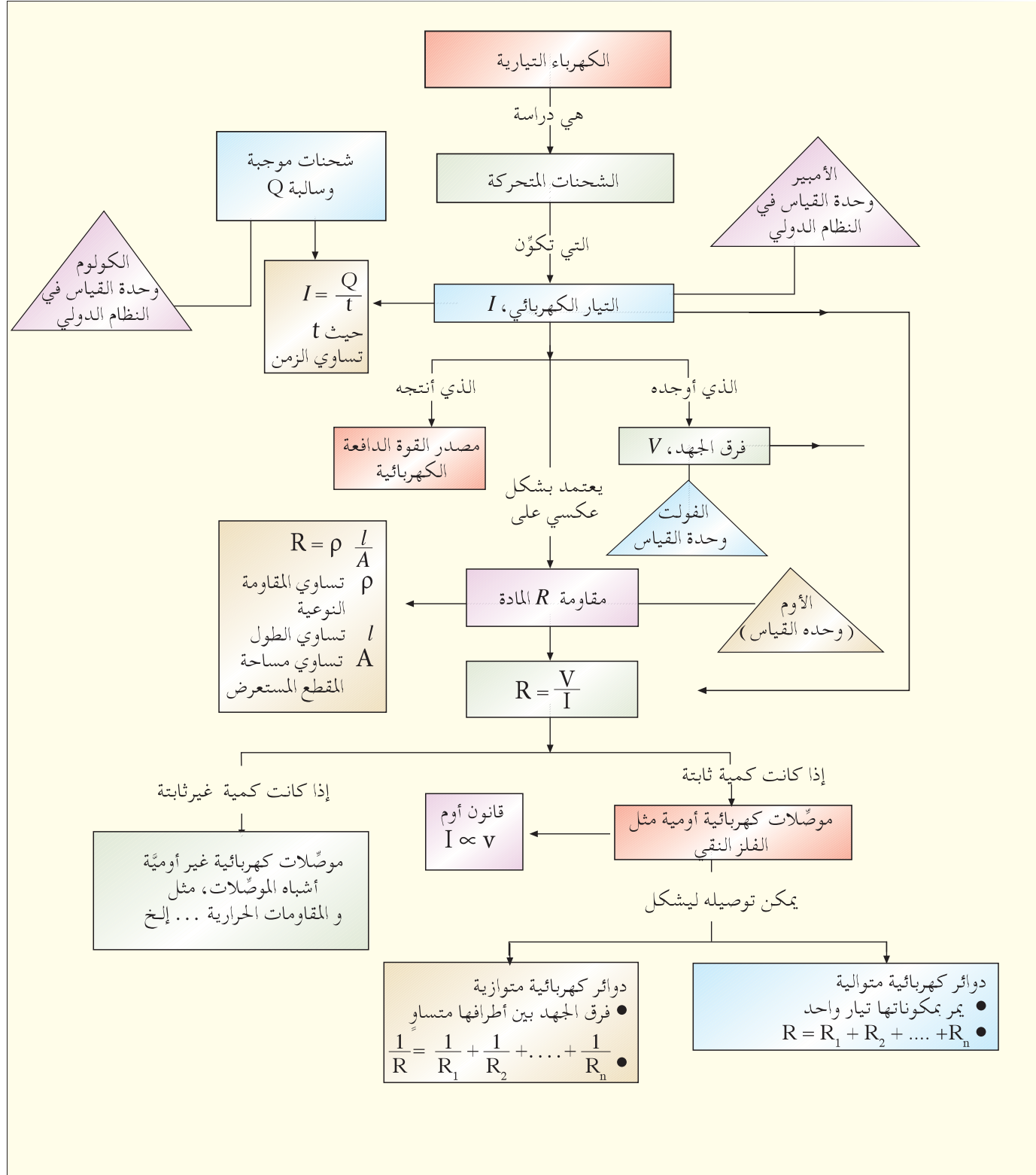
شكل 2 - 33 المقاومات على التوالي

أسئلة التقويم الذاتي

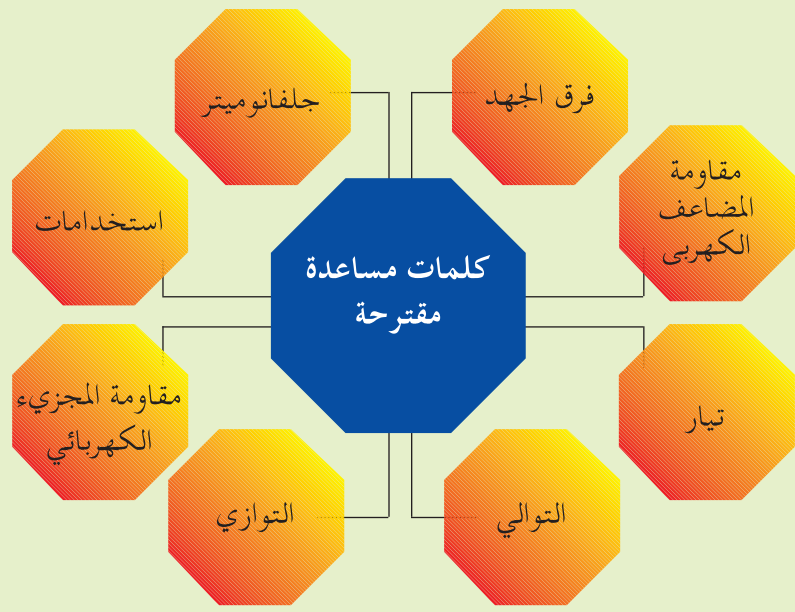


(أ) ما المقاومة الكلية لمقاومتين كل منهما 5Ω متصلتان على التوازي؟

(ب) اذكر ميزة كبرى واحدة لتوصيل المصابيح الكهربائية على التوازي.



هيا نقارن فولتметр ذا ملف متحرك، و أميتر.



التشابهات

-1	
-2	

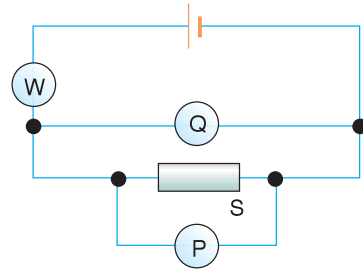
الاختلافات

أميتر	فولتметр
	-1
	-2
	-3

الاستنتاج

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) $240 C$
 (ج) $600 C$ (د) $1440 C$
- 2- في أي المواقع يجب توصيل الفولتمتر لقياس فرق الجهد عبر المقاوم S ؟

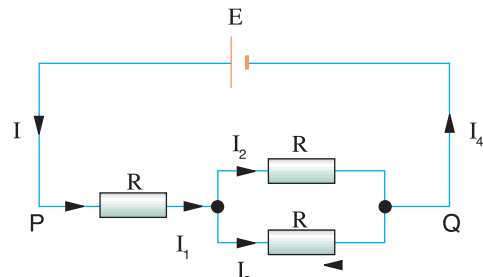


- (أ) فقط P (ب) فقط Q
 (ج) P أو W (د) P أو Q

- 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) $\frac{3}{2} R$ (ج) $2R$ (د) $3R$

- تشير الأسئلة 4، 5 إلى الرسم التالي. المقاومات في الدائرة الكهربائية المبينة لها مقاومة متساوية R .



- 4- المقاومة الكلية بين PQ هي:

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

- 5- ماذا يمكن استنتاجه عن I, I_1, I_2, I_3, I_4 ؟

- (أ) $I = I_1 = I_4 = I_2 + I_3$
 (ب) $I = I_1 = I_2 = I_3 + I_4$
 (ج) $I_2 = I_1$ و $I_2 > I_1 > I_4$
 (د) $I > I_1 > I_4$ و $I_4 = I_2 + I_3$

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 كهربياً 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 شكلاً يوضح اتجاه سريان التيار التقليدي.

- 2- (أ) اذكر قانون أوم. وما الشروط الواجب توافرها حتى يطبق قانون أوم؟
 مقاومة مصباح كهربائي فتيلي $1.2 k \Omega$ ، فإذا احتاج تياراً $0.2 A$ 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) مقاوم حراري.
 (3) صمام ثنائي لشبيه الموصل الكهربائي.
 (4) فلزنقي.

- 3- (أ) عرّف المقاومة واذكر وحدة قياسها.
 (ب) دُوّن 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 10Ω »، اشرح معنى تلك العبارة.

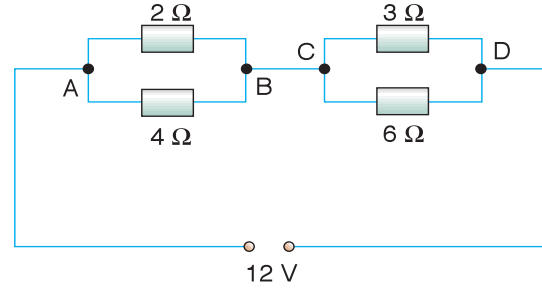
- (ب) لديك فقط المواد التالية، صف تجربة لتبرهن على أن قيمة هذه المقاومة 5Ω : فولتمتر، أميتر، ريوستات، منبع تيار مستمر $12 V$ ، والمقاومة 5Ω (موضوع الدراسة).

5- (أ) علق على العبارات التالية:

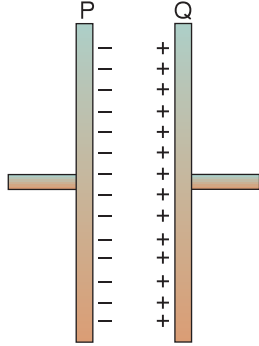
- (1) بالنسبة للمقاومات على التوازي، تكون دائماً المقاومة المكافئة أصغر من أصغر مقاومة.
- (2) بالنسبة للمقاومات على التوالي، تكون دائماً المقاومة المكافئة أكبر من أكبر مقاومة.

(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 6Ω .



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



استُخدمت مقاومة 50Ω لوصل الشريحتين معاً. ثم أفرغت الشريحتان من شحنتهما في $5 \times 10^{-7} s$.

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

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 لفروق 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.



تعلمنا في الوحدة السابقة إمكانية توصيل المقاومات على التوالي أو على التوازي، وأنه يكون لتلك المجموعات المؤتلفة مقاومة فعالة. وسنحلل 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.

نشاط على شبكة المعلومات الدولية



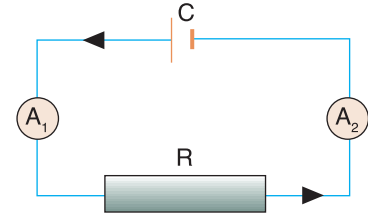
مصدر جيد لمحاكاة الدائرة لهذه الوحدة هو برنامج «مشابك التمساح» على الموقع: <http://www.crocodile-clips.com>.
يسمح البرنامج بتكوين مخططات لدائرة كهربائية تحدد من خلالها التيارات السارية في الدائرة وكذلك فرق الجهد عبر المقاومات.

التيار الكهربائي في دائرة كهربائية متوالية

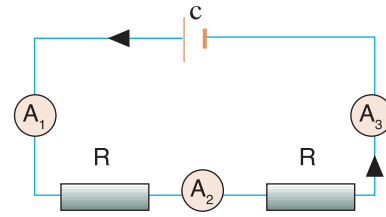
صل الدائرة الكهربائية المبينة في شكل 1-3 مع جهازي أميتر A_1 ، A_2 . ويمكن مشاهدة أن كلاً من جهازي الأميتر يسجلان نفس التيار. والآن نعد الدائرة الكهربائية التي في شكل 2-3. ماذا تتوقع مشاهدته في أجهزة الأميتر A_1 ، A_2 ، A_3 ؟ كيف تقارن تلك التيارات بالتيار في الدائرة الكهربائية في شكل 1-3؟

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 1-3. هل يمكنك تفسير ذلك؟

يمكننا استنتاج تكافؤ التيار عند كل نقطة في الدائرة المتوالية. وبالإضافة لذلك، فعند توصيل المقاومات على التوالي، تكون المقاومة الكلية أكبر من المقاومة الفردية لكل من المقاومات، ويكون التيار في الدائرة الكهربائية أدنى.



شكل 1-3 يُسجل الأميتر A_1 ، A_2 نفس التيار



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

تذكر:
بالنسبة للمقاومات المتصلة على التوالي،

$$R_{\text{eff}} = R_1 + R_2$$

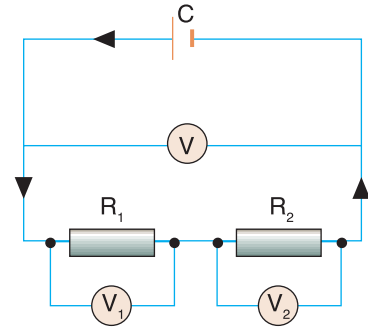
فرق الجهد في الدائرة الكهربائية المتوالية

يسجل جهازا الفولتمتر V_1 ، V_2 في شكل 3-3 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

$$V = V_1 + V_2$$

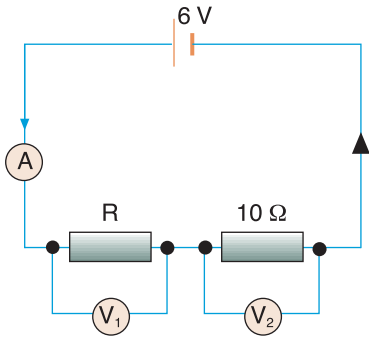
وفي الواقع إذا كان لدى العمود C مقاومة داخلية مهملة، فإن القوة الدافعة الكهربائية E ستكون مساوية لفرق الجهد V . ولهذا

$$E = V = V_1 + V_2$$



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

مثال محلول 3 - 1



شكل 3-4 مثال محلول 3-1

تتكون الدائرة الكهربائية في شكل 3-4 من عمود 6 V ذي مقاومة داخلية مهملة. ويقاس الأميتر تياراً 0.2 A.

احسب:

(أ) فرق الجهد عبر المقاومة 10Ω .

(ب) فرق الجهد عبر المقاومة R.

(ج) قيمة المقاومة R.

الحل

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

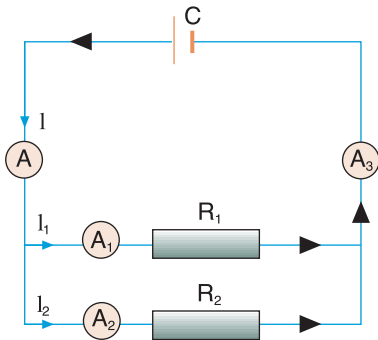
$$\begin{aligned} V_2 &= IR \\ &= 0.2 \times 10 \\ &= 2 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= V_1 + V_2 \quad (\text{ب}) \\ \therefore V_1 &= E - V_2 \\ &= 6 - 2 \\ &= 4 \text{ V} \end{aligned}$$

$$R = \frac{V_1}{I} = \frac{4}{0.2} = 20 \Omega \quad (\text{ج})$$

2-3 الدوائر الكهربائية المتوازية

Parallel Circuits



شكل 3-5 تيار المصدر I هو مجموع I_1, I_2

التيارات الكهربائية في الدائرة الكهربائية المتوازية تبين الدائرة في شكل 3-5 مقاومتين متصلتين على التوازي. ويرصد جهازا الأميتر A_1, A_2 التيار I_1, I_2 الساري في المقاومتين R_1, R_2 . ويمكن مشاهدة أن الأميتر A يقيس تياراً مساوياً 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.

تحديد

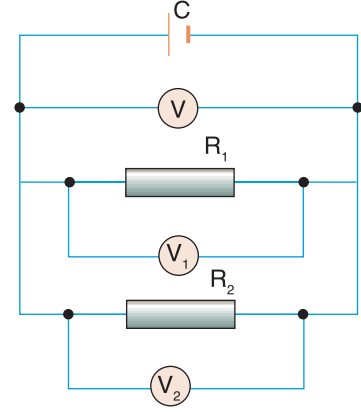
ماذا تعتقد أن يقوم الأميتر A_3 برصده؟ اشرح ذلك.

فرق الجهد في الدائرة الكهربائية المتوازية
يبين شكل 3-6 جهازي فولتметр V_1 ، V_2 يقيسان فروق الجهد عبر
المقاومات R_1 ، R_2 على الترتيب، وقياس الفولتметр V فرق الجهد عبر
أطراف المصدر. ويشاهد أن:

$$V = V_1 = V_2$$

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

$$E = V = V_1 = V_2$$



شكل 3-6 فرق الجهد V يساوي V_1 ، V_2 .

مثال محلول 3-2

تبين الدائرة الكهربائية في شكل 3-7 مقاومة 10Ω ومقاومة 20Ω
موصلتين على التوازي بعمود $6 V$ ذي مقاومة داخلية مهملة. احسب
التيارات I_1 ، I_2 ، I_3 .

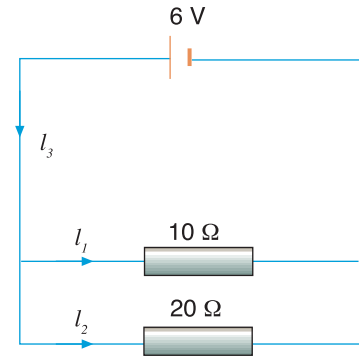
الحل:

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

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

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

$$\begin{aligned} I_3 &= I_1 + I_2 \\ &= 0.6 + 0.3 \\ &= 0.9 A \end{aligned}$$



شكل 3-7 مثال محلول 3-2

ملحوظة:

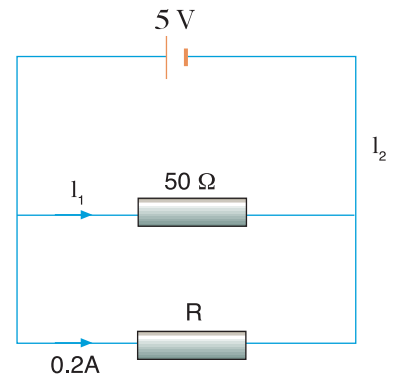
هل لاحظت أن تياراً أدنى يسري
في الفرع ذي المقاومة الأكبر؟

تحديد

يتصل في شكل 3-8 عمود $5 V$ بمقاومتين موصلتين على التوازي،
والتيار الساري في المقاومة R هو $0.2 A$. احسب .

(أ) قيمة المقاومة R .

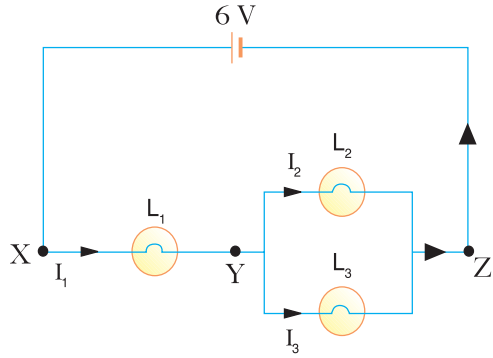
(ب) التيارين I_1 ، I_2 .



شكل 3-8

سندرس في هذا الجزء مثالين لدوائر ذات مجموعة متألفة من مقاومات متصلة على التوازي والتوالي معًا.

مثال محلول 3 - 3



شكل 3 - 9 مثال محلول 3 - 3

تم توصيل ثلاثة مصابيح كهربائية متكافئة L_1 ، L_2 ، L_3 ذات مقاومة 10Ω بعمود 6 V ذي مقاومة مهملة كما هو مبين في شكل 3 - 9.

احسب:

(أ) المقاومة الكلية للمصابيح L_2 ، L_3 معًا.

(ب) المقاومة الكلية للدائرة الكهربائية.

(ج) التيار I_1 .

(د) فرق الجهد عبر XY ، YZ .

(هـ) التيارين I_2 ، I_3 .

الحل:

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

$$\begin{aligned} R_{\text{eff}} &= \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} \\ &= \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{10} \right)^{-1} \\ &= 5 \Omega \end{aligned}$$

(ب) المقاومة الكلية

$$10 + 5 = 15 \Omega$$

$$I_1 = \frac{V}{R_{\text{total}}} \quad (\text{ج})$$

$$= \frac{6}{15}$$

$$= 0.4 \text{ A}$$

$$V_{XY} = I_1 \times R_{L_1} \quad (\text{د})$$

$$= 0.4 \times 10$$

$$= 4 \text{ V}$$

$$V_{YZ} = E - V_{XY}$$

$$= 6 - 4$$

$$= 2 \text{ V}$$

$$I_2 = \frac{V_{YZ}}{R_{L_2}} \quad (\text{هـ})$$

$$= \frac{2}{10}$$

$$= 0.2 \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 - I_2$$

$$= 0.4 - 0.2$$

$$= 0.2 \text{ A}$$



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

تذكر:

مقاومات موصلة على التوازي:

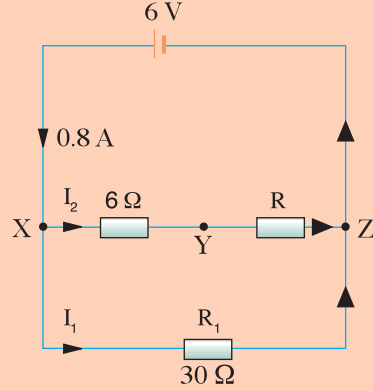
$$\frac{1}{R_{\text{eff}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

مقاومات موصلة على التوالي:

$$R_{\text{eff}} = R_1 + R_2$$

مثال محلول 3 - 4

تم توصيل عمود 6 V بثلاث مقاومات كما هو مبين في الدائرة الكهربائية في شكل 3 - 10. والتيار الساري من المصدر هو 0.8 A . وكان للعمود مقاومة داخلية مهملة.



شكل 3 - 10

احسب:

- (أ) التيار I_1 .
- (ب) التيار I_2 .
- (ج) قيمة المقاومة R .

الحل:

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

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{V_{XZ}}{R_1} \\ &= \frac{6}{30} \\ &= 0.2\text{ A} \end{aligned}$$

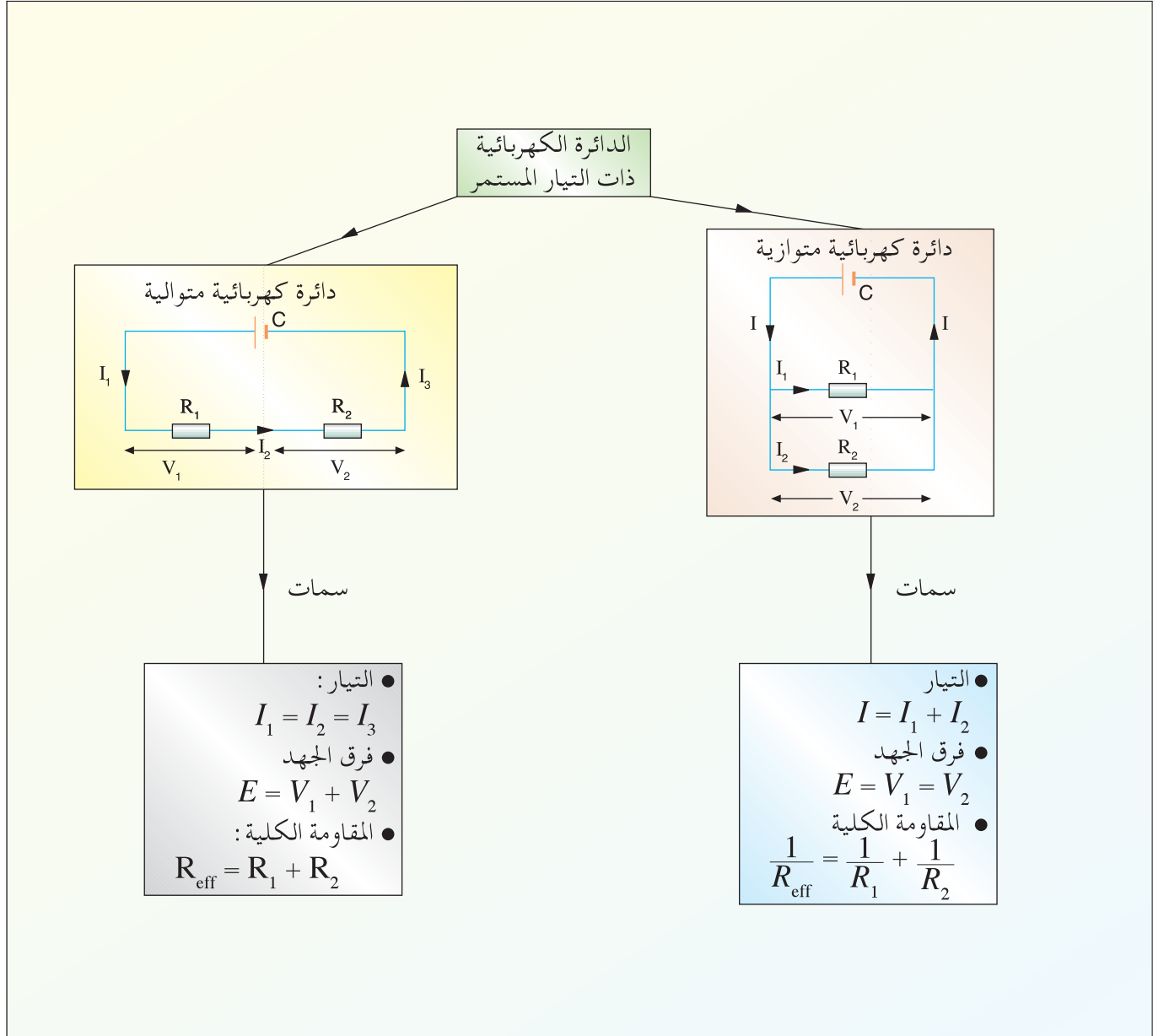
$$\begin{aligned} I_1 + I_2 &= 0.8\text{ A} \quad (\text{ب}) \\ \therefore I_2 &= 0.8 - I_1 \\ &= 0.8 - 0.2 \\ &= 0.6\text{ A} \end{aligned}$$

(ج) فرق الجهد عبر XY ،

$$\begin{aligned} V_{XY} &= I_2 R_2 \\ &= 0.6 \times 6 \\ &= 3.6\text{ V} \end{aligned}$$

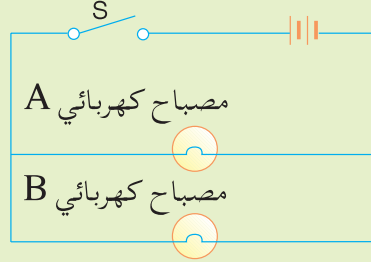
$$\begin{aligned} \therefore V_{XY} + V_{YZ} &= V_{XZ} \\ 3.6 + V_{YZ} &= 6 \\ \therefore V_{YZ} &= 6 - 3.6 = 2.4\text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{V_{YZ}}{I_2} \quad \text{ومن ثم} \\ &= \frac{2.4}{0.6} \\ &= 4\ \Omega \end{aligned}$$



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

أجزائه

خلية 2

خلية 1

مصباح B

مصباح A

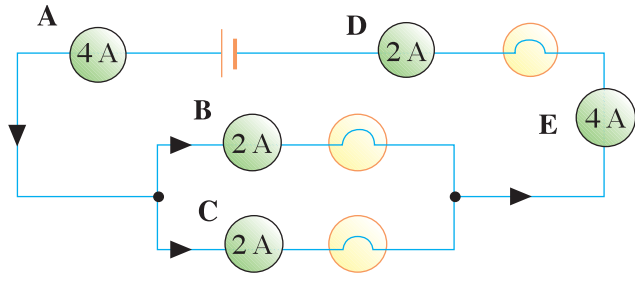
مفتاح S

ما وظيفة كل جزء؟

ماذا سيحدث إذا فُقد كل جزء؟

الاستنتاج

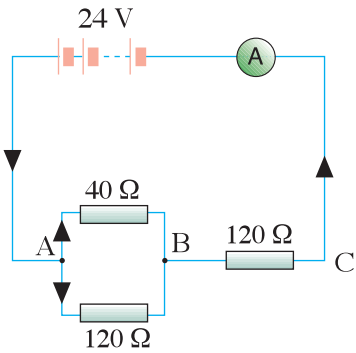
4- يبين الرسم قراءات أميتر في دائرة كهربائية



أي أميتر يعطي قراءة خطأ؟

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

1- اذكر قانون أوم. ما الشروط الواجب توافرها لتطبيقه؟ صف تجربة يمكن إجراؤها لشرح قانون أوم مستخدماً مقاومة معينة. وضح كيفية استخدام مشاهداتك لتحقيق القانون.



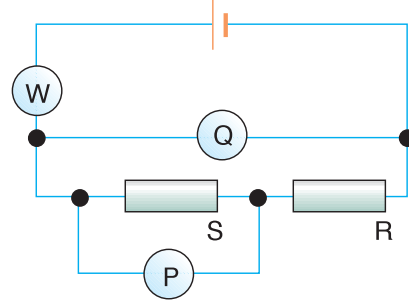
للضيدة والأميتر في الدائرة المرسومة مقاومات داخلية مهملة.

- (أ) احسب المقاومة الكلية للمقاومتين المتصلتين على التوازي.
 (ب) احسب التيار الساري في الأميتر.
 (ج) أوجد فرق الجهد بين النقطة A والنقطة B.

(د) اكتب التيار الساري عبر المقاومة 40Ω . هل تتوقع أن يسجل فولتمتر ذو مقاومة 120Ω القيمة التي حسبتها في (ج) عند توصيله بالنقاط A، B؟ اذكر تعليلاً لإجابتك.

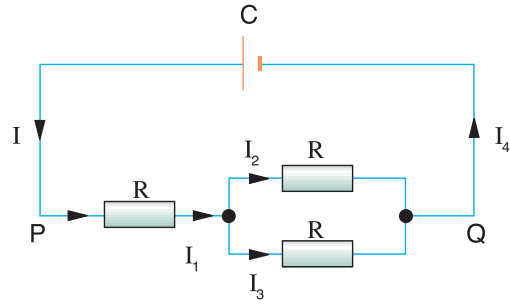
الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

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



(أ) فقط P (ب) فقط Q (ج) 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 .

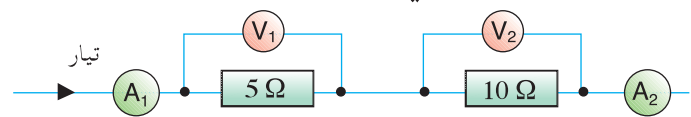
(أ) $I > I_1 > I_4 = I_2 + I_3$

(ب) $I = I_1 = I_4$ ، و $I_2 = I_3$

(ج) $I > I_1 > I_4$ ، و $I_2 + I_1$

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

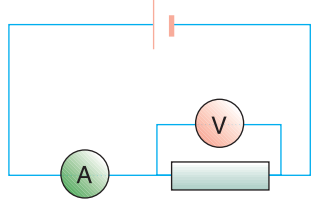
3- يسري تيار كهربائي في مقاومتين متصلتين على التوالي كما هو مبين. A_1, A_2 هي القراءات على جهازي الأميتر. V_1, V_2 هي القراءات على جهازي الفولتمتر.



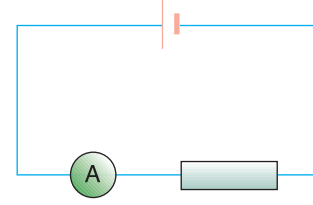
أي مما يلي يصف بشكل صحيح قراءات الأميتر والفولتمتر؟

- قراءات الأميتر
 (أ) A_1 تساوي A_2
 (ب) A_1 تساوي A_2
 (ج) A_1 أكبر من A_2
 (د) A_1 أكبر من A_2
- قراءات الفولتمتر
 V_1 تساوي V_2
 V_1 أقل من V_2
 V_1 تساوي V_2
 V_1 أقل من V_2

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



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



(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؟

مجموعة الدوائر الكهربائية العملية Practical Electric



مخرجات التعلم

- في هذه الوحدة، سوف ...
- تصف استخدام التأثير الحراري للكهرباء في أجهزة مثل الغلايات الكهربائية، والأفران، والسخانات.
- تتذكر العلاقات $P = VI, E = VIt$
- تطبق علاقات القدرة الكهربائية، والطاقة الكهربائية في مواقف جديدة، وحل مشكلات ذات صلة.
- تحسب تكلفة استخدام الأجهزة الكهربائية حيث تكون وحدة قياس الطاقة هي الكيلووات. 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، ووضع 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 الموصل 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. تُعرِّفك الوحدة بأشياء مثل القابس، والمنصهر، والمفتاح الكهربائي، وتوصيل الأسلاك، وتشغيل الدائرة الكهربائية، ودائرة الإضاءة، وأشياء أخرى. نأمل أن تزيد معرفتك باستخدامات ومخاطر الكهرباء.

نشاط على شبكة المعلومات الدولية



موقع جيد مرتبط بهذا الفصل هو موقع محطة القدرة لتوليد الكهرباء التالية:

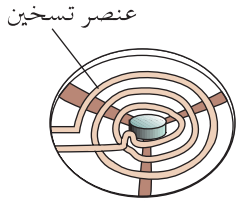
<http://www.spower.com.sg>.

1-4 بعض استخدامات الكهرباء

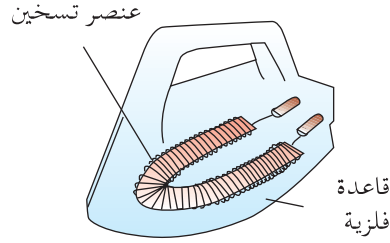
Some Uses of Electricity

التسخين الكهربائي

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



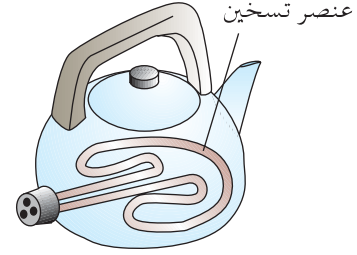
شكل 3 - 4 موقد كهربائي



شكل 2 - 4 مكواة كهربائية

الاستخدامات الرئيسية للكهرباء

- هي:
- التسخين الكهربائي .
- الإضاءة الكهربائية .
- الحركات الكهربائية .

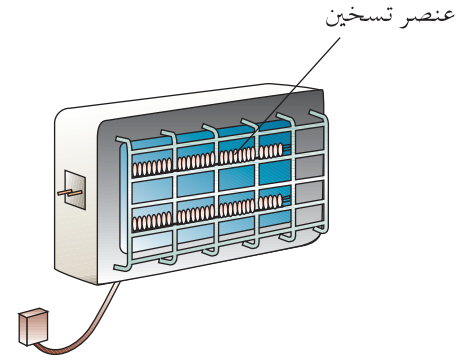


شكل 1 - 4 غلاية كهربائية

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 1 - 4، يوضع عنصر التسخين في أنبوب فلزي، وتتولد الحرارة عند مرور تيار كهربائي خلاله، ويُسخن الماء المحيط به بالتوصيل الحراري والحمل الحراري .

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



شكل 4 - 4 مدفأة كهربائية

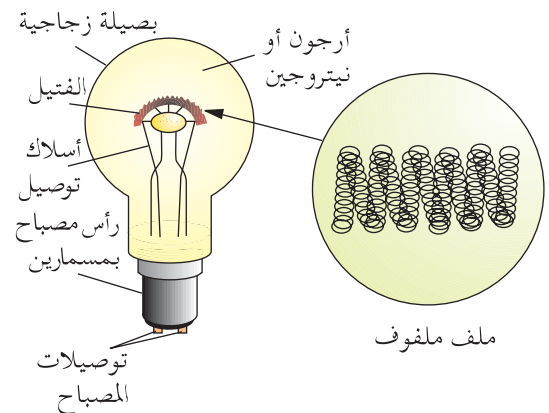
الإضاءة الكهربائية

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 أيضاً الفتيل رقيقاً جداً (أي ذو مساحة مقطع مستعرض صغيرة) حتى تكون مقاومته أعلى من بقية الدائرة الكهربائية (تذكر أن، $R = \frac{l}{A} \rho$ ، حيث R تساوي المقاومة، ρ تساوي المقاومة النوعية، l تساوي الطول، A تساوي مساحة المقطع المستعرض) .

وعند سريان تيار خلال الفتيل، يصبح ساخناً 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 مُركّزاً 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 5 - 4 المصباح الكهربائي الفتيلي

إن للمصباح الفتييلي 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 الفتييلي .
- (2) يلقي المصباح الفتييلي ظلالاً كثيفة مقارنة بمصباح الفلورية، وهو أمر غير مطلوب عند الاستخدام في المدارس أو المكاتب . ويشيع مع ذلك استخدامه في المنازل ليعطي انطباعاً أكثر دفئاً واسترخاءً .

2- مصابيح الفلورية

إن كفاءة المصابيح الفلورية حوالي ثلاثة أضعاف المصابيح الفتييلية . 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 الفتييلي .

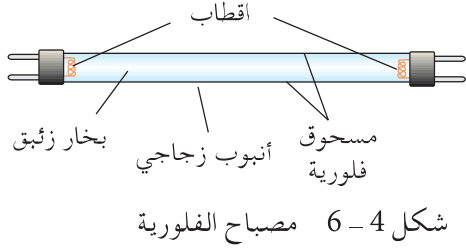
وعلى عكس المصباح الفتييلي يكون مصباح الفلورية من دون فتيل، ولكن بقطبين . ويتميز شحنات كهربائية بين القطبين يبعث بخار الزئبق في الأنبوب الزجاجي ضوءاً فوق البنفسجي بالإضافة إلى ضوء مرئي آخر . ويتحول هذا الضوء فوق البنفسجي إلى ضوء مرئي بفعل مسحوق الفلورية داخل الأنبوب الزجاجي .

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

المحركات الكهربائية

المحركات الكهربائية التي تستخدم في الأجهزة المنزلية مثل المروحة، والغسالة، ومجفف الشعر، وخلطات 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 4-6 مصباح الفلورية



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

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؟

2-4 قياس الطاقة الكهربائية

Measurement of Electrical Energy

حساب القدرة والطاقة الكهربائية

1- القدرة الكهربائية P

تعرف القدرة على أنها:

$$(1) \dots P = \frac{W}{t} \text{ حيث } P \text{ القدرة (بالوات) } W \text{ الشغل المبذول (بالجول)}$$

أو

$$(2) \dots P = \frac{E}{t} \text{ حيث } E \text{ تحويل الطاقة (بالجول) } t \text{ الزمن (بالثانية)}$$

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

$$(3) \dots V = \frac{W}{Q} \text{ حيث } V \text{ فرق الجهد (بالفولت) } W \text{ الشغل المبذول (بالجول) } Q \text{ الشحنة (بالكولوم)}$$

$$\text{ومن (3)، } \dots W = QV \text{ (4)}$$

وباستبدال (4) في (1)، نجد

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

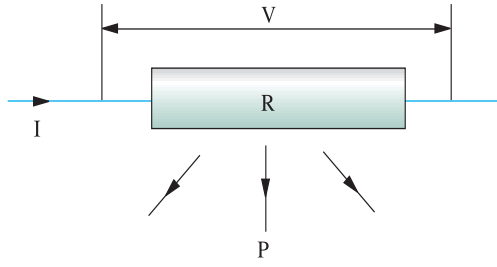
$$\text{ولكن } \frac{Q}{t} = I \text{ حيث } I \text{ التيار (بالأمبير)}$$

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

تصبح

$$P = IV$$

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



شكل 4 - 8 قدرة P لأحد المقاومات

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

$$\begin{aligned} P &= IV \\ &= I^2 R \quad (V = IR, \text{ بما أن,}) \\ &= \frac{V^2}{R} \quad (I = \frac{V}{R}, \text{ بما أن,}) \end{aligned}$$

إن وحدة قياس القدرة هي الوات (W).

وحدات القدرة الملائمة الأخرى تشمل:

1 كيلوات kW تساوي $1000 W$ أو $10^3 W$

1 ميغاوات MW تساوي $1000000 W$ أو $10^6 W$

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

2- الطاقة الكهربائية E

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

$$E = Pt$$

ولهذا

$$E = IVt$$

أو

$$(P = IV, \text{ بما أن,})$$

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

$$E = IVt$$

$$= I^2 R t \quad (V = IR, \text{ بما أن,})$$

$$= \frac{V^2}{R} t \quad \left(I = \frac{V}{R}, \text{ بما أن,} \right)$$

إن وحدة قياس الطاقة هي الجول (J).

وحدات الطاقة الملائمة الأخرى تشمل:

1 كيلو جول kJ تساوي $1000 J$ أو $10^3 J$

1 ميغا جول MJ تساوي $1000000 J$ أو $10^6 J$

مثال محلول 4 - 1

مكواة كهربائية بها عنصر تسخين ذو مقاومة 60Ω . فإذا 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 .

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

(2) وبافتراض أن القدرة الكهربائية المنتجة هي P .

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

(3) المعطيات: الزمن t يساوي 5 min

$$= 5 \times 60 \text{ s}$$

$$= 300 \text{ s}$$

وبافتراض أن الطاقة الحرارية المنتجة هي E .

$$E = I^2 R t \text{، وباستخدام،}$$

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

$$= 2.88 \times 10^5 \text{ J} = 0.288 \text{ MJ}$$

تذكر:

$$P = I^2 R$$

$$E = P \times t$$

$$E = I^2 R t$$

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 .

$$P = IV \text{، وباستخدام،}$$

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

(2) بافتراض أن مقاومة الفتيل هي R .

$$P = \frac{V^2}{R} \text{، باستخدام،}$$

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

(3) المعطيات: الزمن t يساوي واحد ساعة 3600 s

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

$$= (60) \times (3600)$$

$$= 2.16 \times 10^5 \text{ J} = 0.216 \text{ MJ}$$

تذكر:

$$P = IV$$

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

أو

وحدة قياس الاستخدام المنزلي للطاقة الكهربائية هي الكيلووات. ساعة

شكل 4 - 9 نموذج قسيمة استهلاك الكهرباء

حساب تكلفة استهلاك الكهرباء

تُبنى تكلفة استهلاك الكهرباء على عدد كيلوات. ساعة المستخدمة من الطاقة الكهربائية. والكيلوات. ساعة هي وحدة القياس المنزلية للكهرباء. إن الكيلوات. 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 الكيلوات. ساعة، وتتقاضى الشركة العامة للكهرباء وفقاً لأسعار النفط العالمية سعراً معيناً (مثل 20 درهماً) لكل وحدة (أو كيلوات. ساعة) من الكهرباء المستهلكة، ويزيد السعر مع زيادة الاستهلاك.

مثال محلول 3 - 4

يبين شكل 4 - 9 عينة قسيمة استهلاك الكهرباء الخاصة بمنزل معين عن شهر مايو 2006. كيف تتأكد من أن تكلفة الكهرباء المستهلكة، والمبينة في قسيمة الاستهلاك تم احتسابها بشكل صحيح؟
الحل:

من شكل 4 - 9، ننظر إلى العمود الأول «الاستهلاك». ويكون عدد وحدات (أو الكيلوات. ساعة) الكهرباء المستهلكة هي 122 كيلوات. ساعة بسعر 0.069 دينار (أو 6.9 درهم لكل وحدة). لهذا تحسب قيمة استهلاك الكهرباء البالغة 8.95 دينار بضرب 122 في 0.069 ثم إضافة دمغات 5.5% والتي يشار إليها في العمود الأخير من الفاتورة.

مثال محلول 4 - 4

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

الحل:

$$\begin{aligned} \text{عدد الكيلوات. ساعة التي استهلكتها الغلاية الكهربائية} \\ = (3 \text{ kW}) \left(\frac{20}{60} \text{ h} \right) \\ = 1 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{عدد الكيلوات. ساعة التي استهلكها المصباح الكهربائي} \\ = \left(\frac{100}{1000} \text{ kW} \right) (5 \text{ h}) \\ = 0.5 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ومن ثم فإن إجمالي عدد الوحدات المستهلكة (أو كيلوات. ساعة)} \\ = (1 + 0.5) \text{ kWh} \\ = 1.5 \text{ kWh} \end{aligned}$$

وعليه، فالتكلفة الإجمالية

$$1.5 \times 20 \text{ تساوي } 30 \text{ درهماً}$$

الطاقة تساوي (القدرة) × (الزمن) (بالكيلوات. ساعة) (ك وات)



أجر مسحاً شاملاً 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 بلغت أم بخست التقدير؟

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



(أ) مِرْكَم 12 V يمرر تياراً 3 A خلال كشف 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 درهماً لكل وحدة مهملاً الدمغات؟

أخطار الكهرباء

3-4

Dangers of Electricity

لل كهرباء دور مهم في حياتنا، إلا أنها أيضاً خطيرة، فالأعطاب الكهربائية في الأجهزة والدوائر تسبب حرائق، وصدمة كهربائية، وصعقاً كهربائياً مستخدماً فيها. ويمكن ارجاع أخطار الكهرباء لثلاثة أسباب:

- 1- العزل التالف .
- 2- التسخين المفرط للكابلات .
- 3- 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 جهداً عالياً جداً، بينما يحمل السلك المتعادل جهداً قريباً من الصفر. ويُعزل السلكان في مادة مطاطية مَقْسَّاة، ثم يوضعان معاً إما في كابل مستدير مغلف (شكل 4 - 10)، أو في كابل معزول بمادة مطاطية، ومضْفَر ومستدير (شكل 4 - 11).

وتتلف المواد العازلة بمرور الزمن والاستهلاك. فتتسبب دائماً على سبيل المثال وتتسبب الكابلات الكهربائية المتصلة بمجفف الشعر والمكواة الكهربائية بسبب طريقة استخدام تلك الأجهزة، مما يجعل العزل الكهربائي يتصدع فتتكشف الأسلاك التي بداخله. وإذا تلف المطاط المَقْسَّي 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.

الأسباب المحتملة لأخطار الكهرباء هي

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



شكل 4 - 10 كابل مستدير مغلف

التسخين المفرط للكابلات



شكل 4 - 11 كابل مستدير معزول بالمطاط

يشير التسخين المفرط للكابلات إلى التيار الكهربائي الكبير غير العادي الساري في أسلاك التوصيل، تحت شروط معينة مثل دائرة كهربائية تحدث قفلة (circuit short)، 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 4-12 مثالاً نموذجياً للتحميل المفرط. سيكون التيار الساري في الوصلة الكهربائية كبيراً جداً، ويسبب تسخيناً مفرطاً للكابلات.

شروط مناخية رطبة

تقع حوادث كهربائية كثيرة في شروط رطبة مثل تلك التي في الحمام المتبل. فمن الخطورة على سبيل المثال وصل مذياع في مصدر كهربائي 240 V ثم تركه على أرضية الحمام (شكل 4-13)، ففي حالة العزل التالف أو عند تعري السلك المكهرب لأي سبب آخر، فإن الشخص الذي يستحم يتعرض لخطر الصعق بالكهرباء.

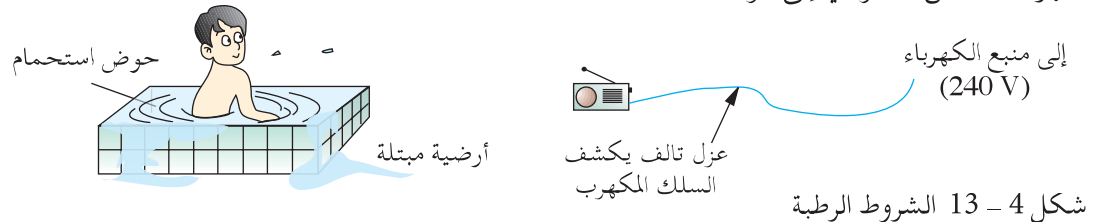
إذا لمست المياه من الأرضية المتبللة السلك المكهرب، فستوفر مساراً موصلًا تسري كمية كبيرة من التيار خلاله ثم خلال جسم الإنسان في حوض الاستحمام.

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 بأيدي مبتلة.

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



شكل 4 - 12 تحميل مفرط



أسئلة التقويم الذاتي

- 1) اذكر مخاطر: العزل التالف.
- 2) التسخين المفرط للكابلات.
- 3) الشروط الرطبة.

منبع الكهرباء في المنزل

يبين شكل 4 - 16 في الصفحة التالية دائرة كهربائية منزلية نموذجية. تُمدد الكهرباء للبيت بكابلات 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 خطراً لأنه يحمل جهداً كهربائياً عالياً، بينما يكون السلك المتعادل ذا جهد يساوي صفراً.

ويتصل هذان السلكان بصندوق منصهر رئيس، وعداد كهرباء، ثم بوحدة استهلاك. إن وحدة الاستهلاك هي نقطة التوزيع لمنبع الكهرباء بالمنزل. ويبين شكل 4 - 16 وحدة الاستهلاك المحتوية على مفتاح رئيس وأربعة منصهرات تؤدي إلى دوائر كهربائية مختلفة في المنزل.

هذه الدوائر الكهربائية هي:

1- دائرة الإضاءة - توصل دائماً 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 المسخن الغاطس.

3- دائرة فرن الطهي.

4- الدائرة الرئيسية 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 للذات يُكوّنان دائرة كاملة حول المنزل، يضاف أيضاً سلك أرضي (E) من أجل الأمان.

المنصهرات

توجد المنصهرات في شكل 4 - 16 داخل صندوق المنصهر الرئيس، وأيضاً 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 سميكاً، كلما تطلب تياراً أكبر لصهره. والقيم العيارية المعتادة للمنصهر هي 1 A، 2 A، 5 A، 10 A، و 13 A. ويبين الشكلان 4 - 14 و 4 - 15 نوعي المنصهر الأكثر شيوعاً، وهما المنصهر الذي لا يتغير سلكه والمنصهر القابل لتغيير سلكه.

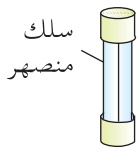
ضع مايلي في الاعتبار كإجراء وقائي:

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

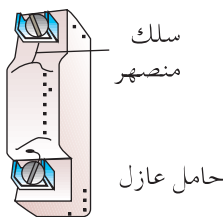
(ب) يجب توصيل المنصهرات بالسلك المكهرب حتى لا يتعرض الجهاز للتلف بعد انصهار المنصهر.

(جـ) قبل تغيير أي منصهر افصل منبع الكهرباء.

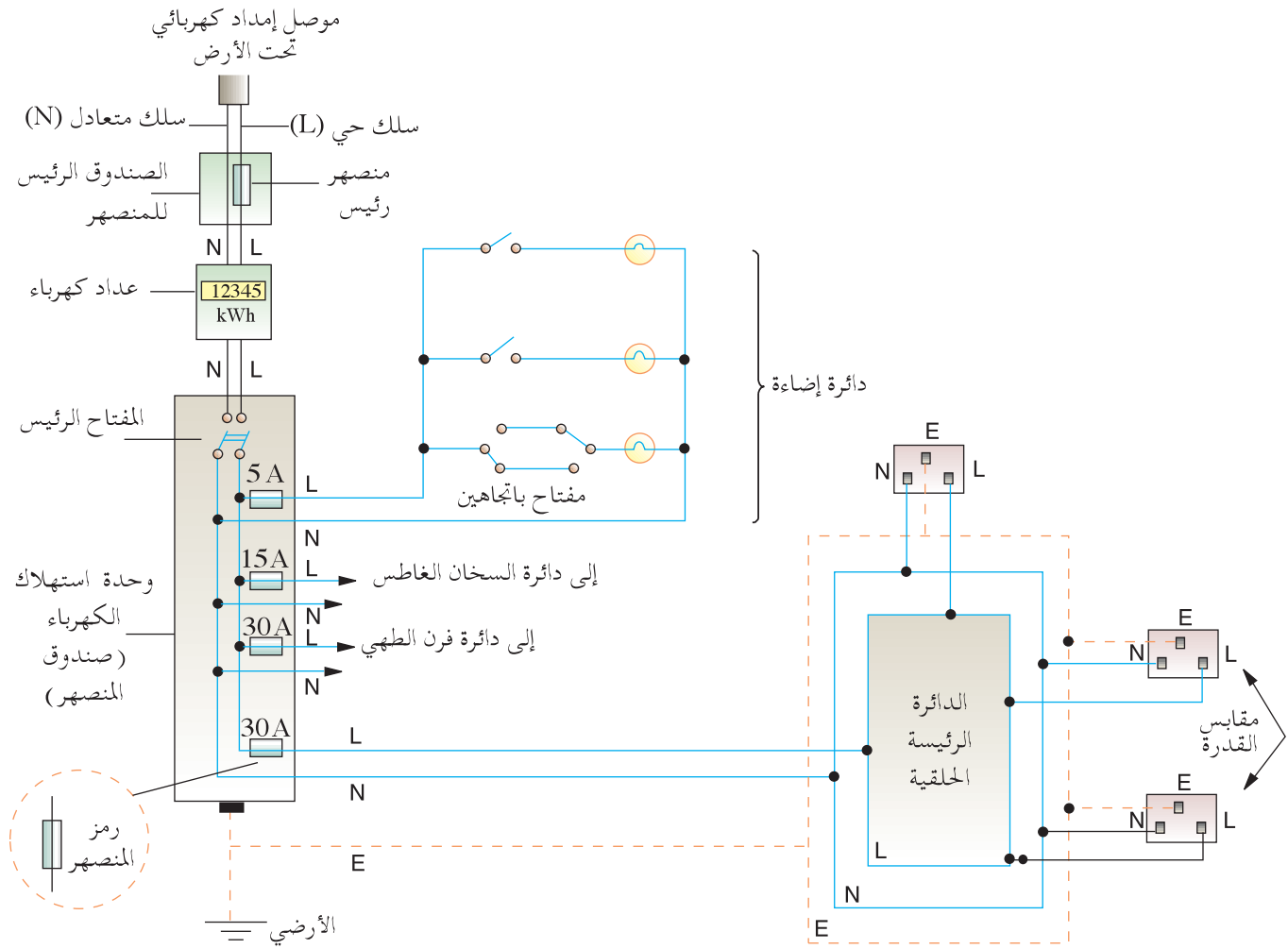
المنصهر أداة تستخدم لحماية الأجهزة ومجموعة الأسلاك من سريان مفرط لتيار كهربائي.



شكل 4 - 14 منصهر لا يتغير سلكه



شكل 4 - 15 منصهر يمكن تغيير سلكه



شكل 4-16 دائرة كهربائية منزلية نموذجية

مثال محلولة 4 - 5

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

الحل:

المعطيات: قدرة السخان، $P = 2880\text{ W}$

الجهد الكهربائي، $V = 240\text{ V}$

ولنفترض أن تيار التشغيل هو I ،

فباستخدام $P = IV$

لهذا $I = \frac{P}{V}$

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

$$= 12\text{ A}$$

$$= 12\text{ A}$$

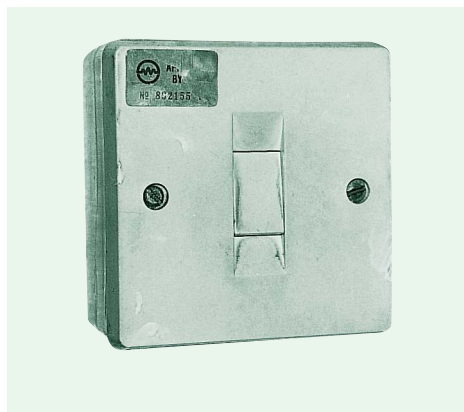
يستخدم منصهر يتحمل 13 A .



يتطلب هذا النشاط برنامج «تمساح الفيزياء» والذي يمكن تحميل نسخة منه من الموقع:

<<http://www.crocodile-clips.com>>.

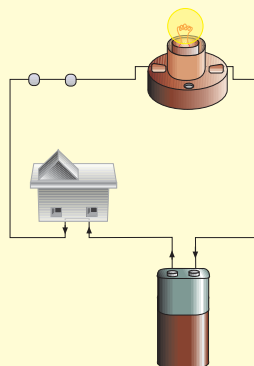
- 1- صل الدائرة كما في شكل 4 - 17 مستخدماً نضيدة 9 V، ومصباح، ومفتاح، ومنصهر 9 A. شغل الدائرة ثم قس التيار الساري فيها.
 - 2- أضف نضيدة 9 V أخرى على التوالي في الدائرة. هل «ينصهر» ذلك المنصهر؟ أضف نضائد 9 V بالتتابع على التوالي. متى ينصهر المنصهر؟
 - 3- صل الآن مصباحين على التوازي بنضيدة واحدة 9 V. شغل الدائرة ثم قس التيار في المنصهر. كيف يُقارن هذا التيار مع التيار في 1؟
 - 4- أضف مصباحاً آخر على التوازي إلى المصباحين السابقين، هل ذلك «ينصهر» المنصهر؟ أضف بالتتابع مصابيح أكثر على التوازي. متى ينصهر المنصهر؟
- ما المغزى من ذلك عند توصيل الأجهزة المنزلية؟



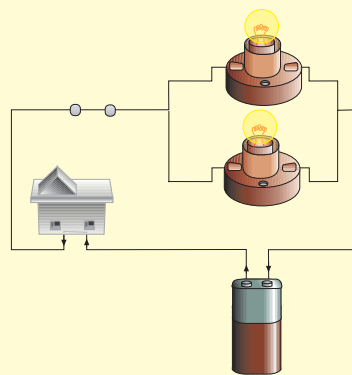
شكل 4 - 19 مفتاح مفرد



شكل 4 - 20 مفتاح مزدوج



شكل 4 - 17 أضف بالتتابع نضائد على التوالي لتعرف متى «ينصهر» المنصهر.



شكل 4 - 18 أضف بالتتابع مصابيح على التوازي لتعرف متى «ينصهر» المنصهر.

مفاتيح الكهرباء

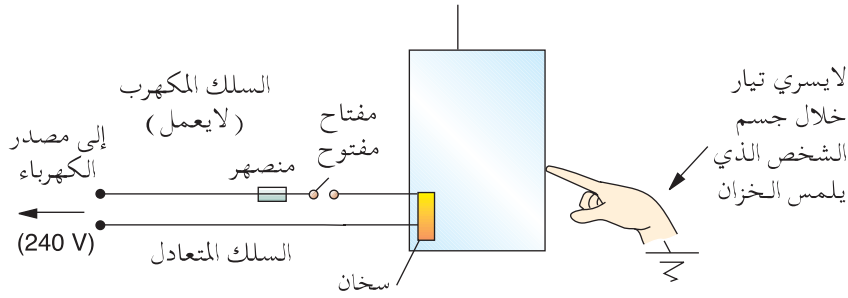
للمفاتيح أشكال عديدة، فيوجد المفتاح المفرد وبه مفتاح واحد على لوحته الأمامية (شكل 4 - 19)، والمفتاح المزدوج وله مفتاحين على لوحته الأمامية (شكل 4 - 20)، والمفتاح القلاب، والمفتاح الذي يخفض الضوء وهكذا.

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 - 21) حتى يُفصل الجهد الكهربائي العالي عن الجهاز عند إيقاف تشغيل المفتاح.

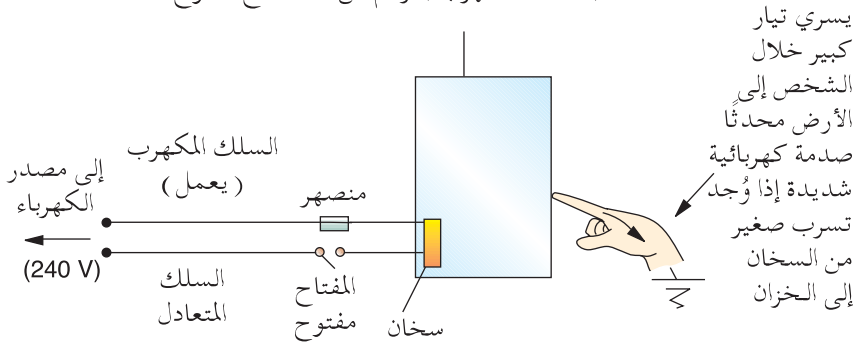
فإذا تُبَّت المفتاح في السلك المتعادل، سيكون الجهاز مكهرباً حتى لو تم إيقاف تشغيل المفتاح (شكل 4 - 22). ومن ثم يمكن إنتاج صدمة كهربائية كما في شكل 4 - 22.

الجهد الكهربائي للخرزان المعدني منخفض (تقريباً صفر) لأنه منفصل عن السلك المكهرب بواسطة المفتاح المفتوح



شكل 4 - 21 يُركَّب المفتاح على السلك المكهرب: إجراء سليم

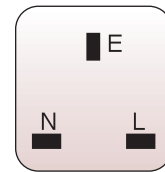
الجهد الكهربائي للخرزان المعدني عالي (240 V) لأنه لا يزال متصلاً بالسلك المكهرب بالرغم من أن المفتاح مفتوح



شكل 4 - 22 يُركَّب المفتاح على السلك المتعادل: إجراء خطأ

القوابس والمقابس

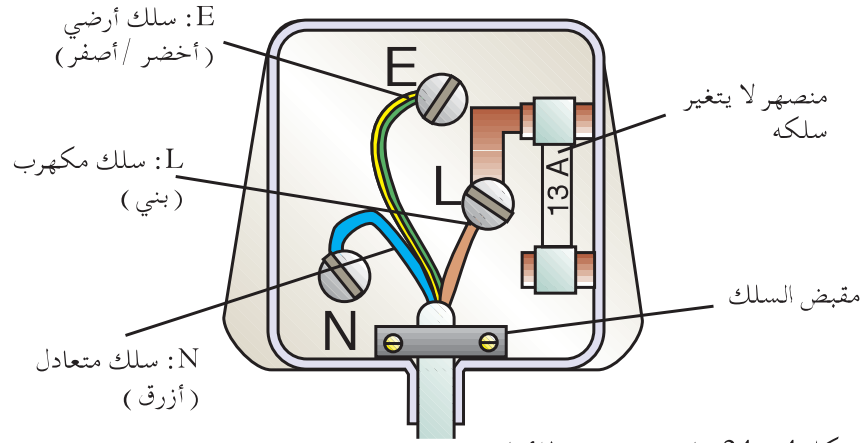
يبين شكل 4 - 23 مقبس (مأخذ) قدرة ثلاثياً نموذجياً كالمستخدم في المنازل في ليبيا. يُعطَى الثقبان حيث يوضع المسامير المكهرب والمسامير المتعادل للمقابس المنصهر بحجاب حمايتهما، ويفتحا بالمسامير الأرضي الأطول للمقابس المنصهر.



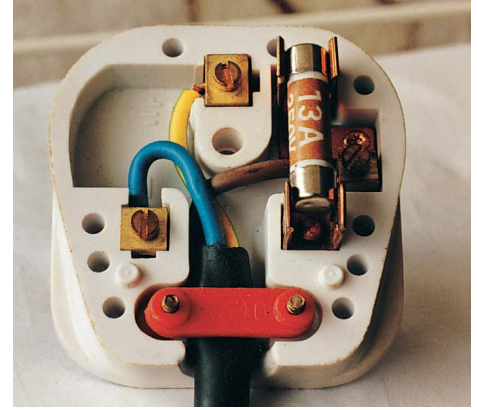
شكل 4 - 23 مقبس قدرة لمقابس منصهر ذو ثلاثة مسامير

إن وظيفة القابض المنصهر (شكل 4 - 24) هي وصل جهاز يمكن حمله (مثل الغلاية الكهربائية) بدوائر القدرة من خلال مقبس القدرة. القابض المنصهر الحديث له ثلاثة مسامير مسطحة.

يُرَكَّب بدقّة منصهر لا يتغير سلكه داخل حامل في القابض. يحمي المنصهر الجهاز عند حدوث عطب كهربائي. عند انصهار المنصهر داخل القابض فإنه يفصل الجهاز المعنّي، بحيث تظل الأجهزة الأخرى الموصولة بالدائرة الرئيسية الحلقية تؤدي وظيفتها.



شكل 4 - 24 قابض بمنصهر (للأمان)



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

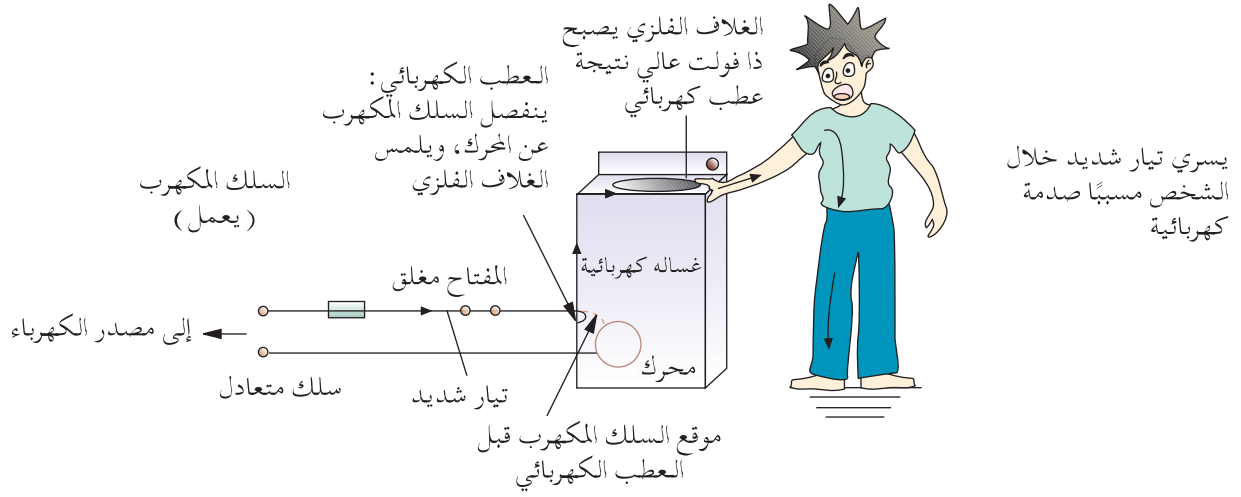
- باستخدام معربة أو قاطع أسلاك، أزل كمية كافية من العازل عن كل من الأسلاك الثلاثة. تأكد من أن الخصلات السلكية لم تنكسر.
- جدّل الخصلات السلكية معاً برفق.
- اربط الخصلات السلكية الثلاث بإحكام إلى الأطراف الصحيحة طبقاً لرمز اللون بواسطة مسامير ملولبة يتم الربط حولها، وتأكد من امتداد العازل على الأسلاك حتى المسامير.
- أخيراً، اربط مقبض الأسلاك ليحكم على الأسلاك جيداً.

التوصيل الكهربائي الأرضي

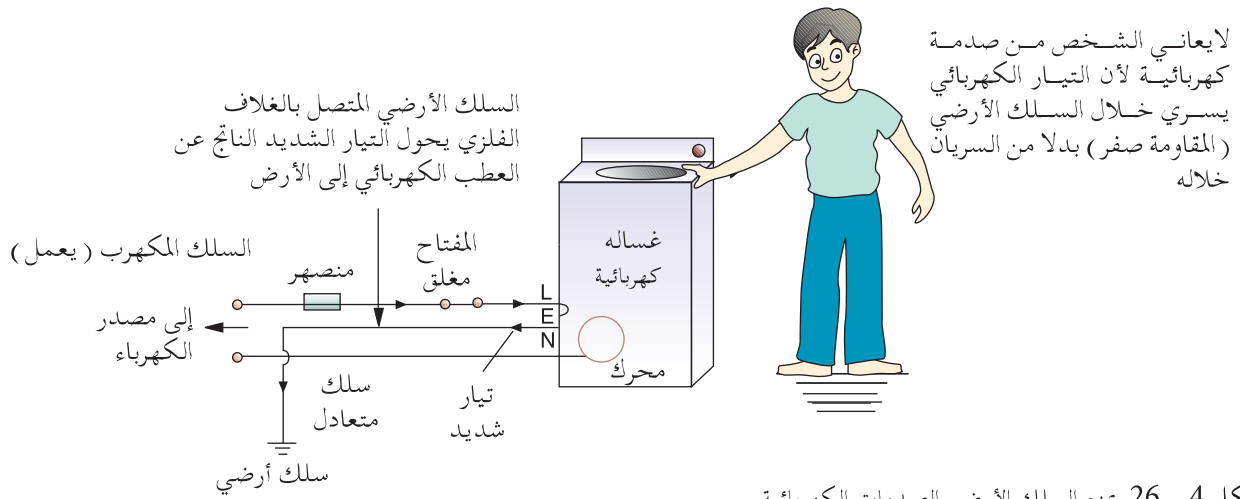
تحتاج جميع الأجهزة سلكين على الأقل (المكهرب والمتعادل) لتكوين دائرة كاملة من المنبع الكهربائي خلال الجهاز ثم إلى المنبع الكهربائي مرة ثانية. فالسلك المكهرب L (بني اللون) يوصل الطاقة ذات الجهد الكهربائي المتردد العالي إلى الجهاز. ويكمل السلك المتعادل N (أزرق اللون) الدائرة الكهربائية بتكوين مسار لعودة التيار إلى المنبع الكهربائي، ويكون عادة صفر الفولت.

والسلك الأرضي E (أخضر مع أصفر) سلك منخفض المقاومة، ويوصل عادة بالغطاء الفلزي للجهاز. يحمي السلك الأرضي أي مستخدم للجهاز من صدمة كهربائية إذا أصبح الغلاف الفلزي مكهرباً نتيجة خطأ عرضي (مثلاً 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 شكلاً 4 - 25، 4 - 26 أهمية التوصيل الأرضي كإجراء وقائي.

يوفر السلك الأرضي مساراً بديلاً لسريان التيار إذا أصبح الغلاف الفلزي مكهرباً نتيجة خطأ عرضي.



شكل 4 - 25 قد يتسبب غياب السلك الأرضي في صدمات كهربائية



شكل 4 - 26 يمنع السلك الأرضي الصدمات الكهربائية

قواطع الدائرة الكهربائية



شكل 4 - 27 قاطع دائرة وحدة التوزيع المنزلية

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 - 27) داخل المنزل بالقرب من الباب الرئيس،

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 - 27 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 لا يزال قائماً. 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 (عموماً حوالي 10 - 30 mA) في السلك الأرضي، يتحرك قاطع الدائرة للتسرب الأرضي، ويفصل المنبع الكهربائي. وتوجد أسباب عديدة للتيارات المتسربة، ولكن السبب الأكثر شيوعاً 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.

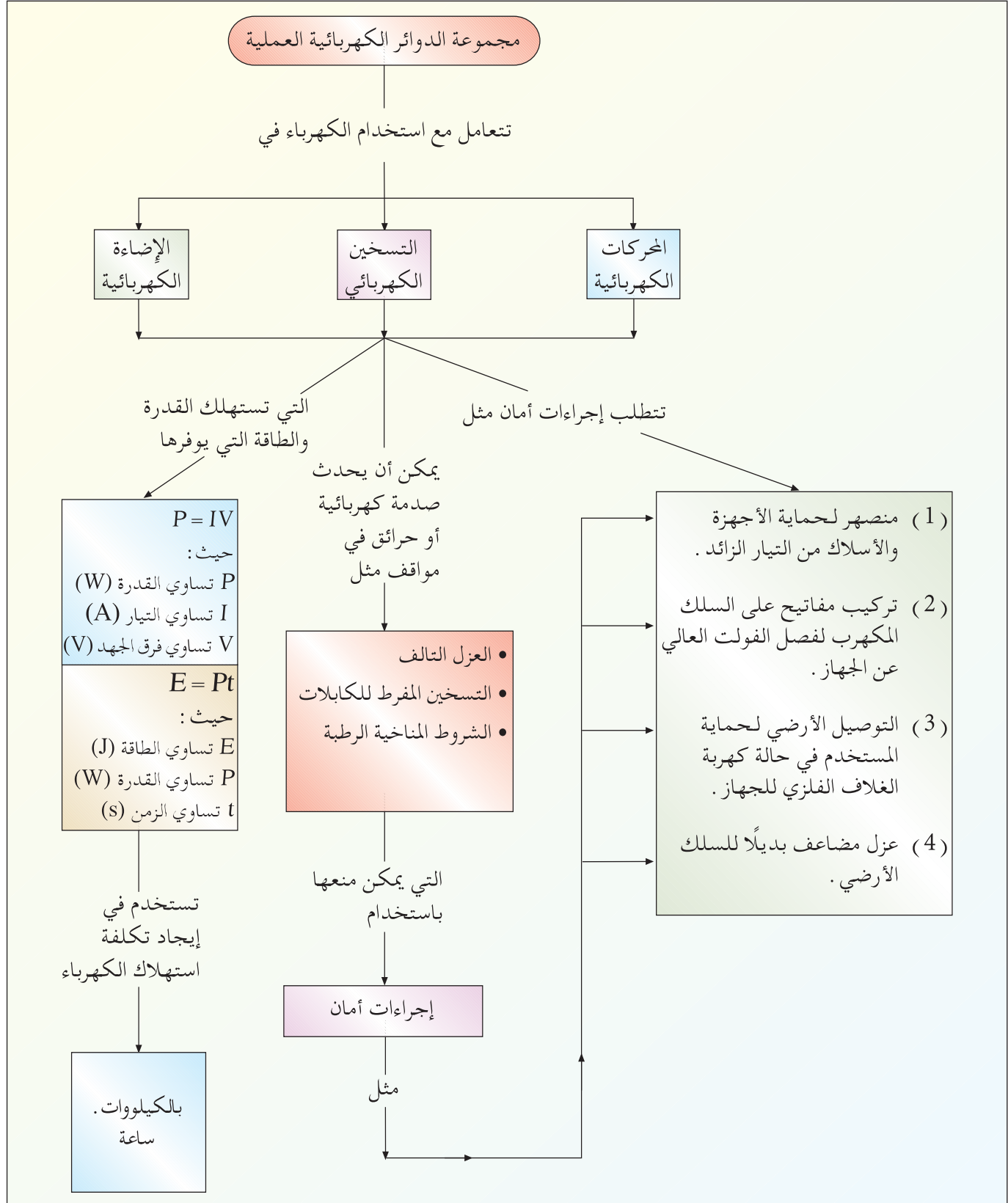
العزل المضاعف

العزل المضاعف سمة أمان يمكن أن تحل محل السلك الأرضي في أي جهاز كهربائي. مطلوب في تلك الحالة فقط السلكتين المكهرب والمتعادل للجهاز. توفر سمة الأمان هذه مستويين للعزل. أولاً: ينعزل الموصل الكهربائي عن المكونات الداخلية للجهاز. ثانياً، 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 سبباً لتوصيل المنصهر إلى السلك المكهرب بدلا من السلك المتعادل .
- (ب) كيف يحمي السلك الأرضي مستخدم الجهاز من الصدمة الكهربائية؟





المهارة: تحديد الأنماط والعلاقات

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

لماذا تكون لدى المصانع القديمة قابلية لاشتعال النيران فيها؟



اذكر خطرًا واحدًا للكهرباء

لماذا؟



اذكر خطرًا واحدًا للكهرباء



أمثلة



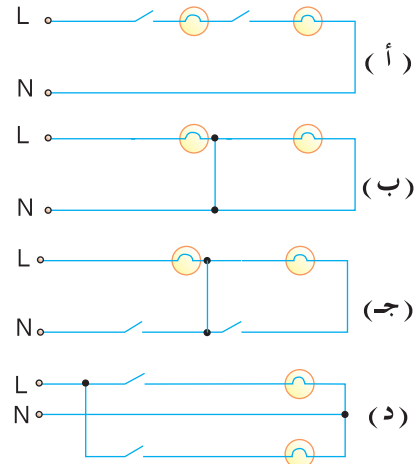
مقترحات لتقليل أخطار احتراق المصانع القديمة

..... -1

..... -2

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.
(ج) 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.
(ج) يمنع الجهاز من الانفجار.
(د) يحمي الجهاز من تقلب شدة الجهد الكهربائي.

- 4- شَعِّلْتُ إحدى الأسر مكيف هواء مسجل عليه 3000 W لمدة 5.5 ساعة. احسب تكلفة الكهرباء المستخدمة إذا كانت الوحدة الواحدة تكلف 20 درهماً.

- (أ) 0.83 ديناراً. (ب) 2.48 ديناراً.
(ج) 0.330 ديناراً. (د) 24.75 ديناراً.

- 5- رُكِّبَ 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.
(ج) ثلاثة. (د) أربعة.

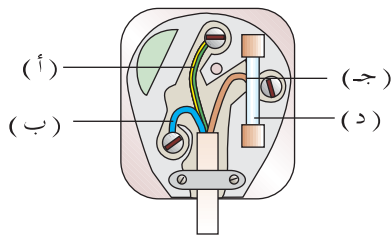
الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

- 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 نوعاً ما.
(ج) إن لدى معظم الأجهزة الكهربائية ثلاثة أنواع من أسلاك التوصيل، ألا وهي السلك والسلك، والسلك

- 2- مصباح كهربائي مسجل عليه 200 V - 50 W احسب

- (أ) التيار الساري خلال المصباح عند الاستخدام العادي.
(ب) مقاومة الفتيل في المصباح.
(ج) تكلفة استخدام 10 مصابيح على التوازي لمدة 10 ساعات مستمرة، وبسعر 20 درهماً لكل كيلووات ساعة.

- 3- اذكر اسم الأجزاء المبينة في الرسم:



- (أ) (ب)
(ج) (د)

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

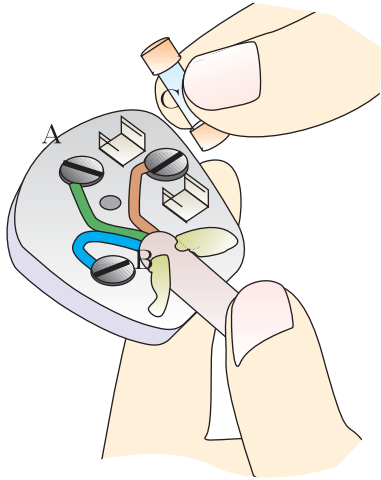
- 4- صف باختصار الأخطار المرتبطة:

- (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.

8- (أ) بين الرسم قابسًا ثلاثيًا منزوع الغطاء كالمستخدم في ليبيا. يحتوي الكابل الكهربائي المتصل بالقابس على ثلاثة أسلاك ذات عزل مرمز لونيًا: بُني، وأزرق، وأخضر/أصفر. عين هوية كل من تلك الأسلاك، واذكر أيها يجب أن يتصل بالأطراف A، B، C في الرسم.

عين الطرف الذي لا يمر فيه تيار في الظروف العادية. ما غرض السلك الذي يصل ذلك الطرف بجهاز كهربائي مثل الموقد الكهربائي؟ صف كيفية عمله. ما الغرض من الأداة الممسوكة فوق C في الرسم، والتي على وشك أن توضع في القابس؟ صف كيفية عمله.



(ب) موقد كهربائي له المواصفات التالية:

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

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 درهماً لكل كيلووات. ساعة؟ احسب أقصى تيار يمكن أن يحمله الكابل الذي يصل الموقد بمصدر كهربائي 250 V.

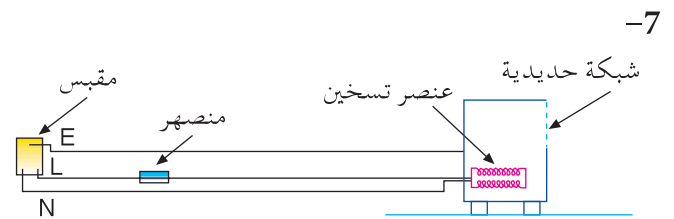
5- صمّم دائرة كهربائية لغرفة دراسة بها الأجهزة المتصلة على التوازي التالية:

- (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:
(ج) 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؟



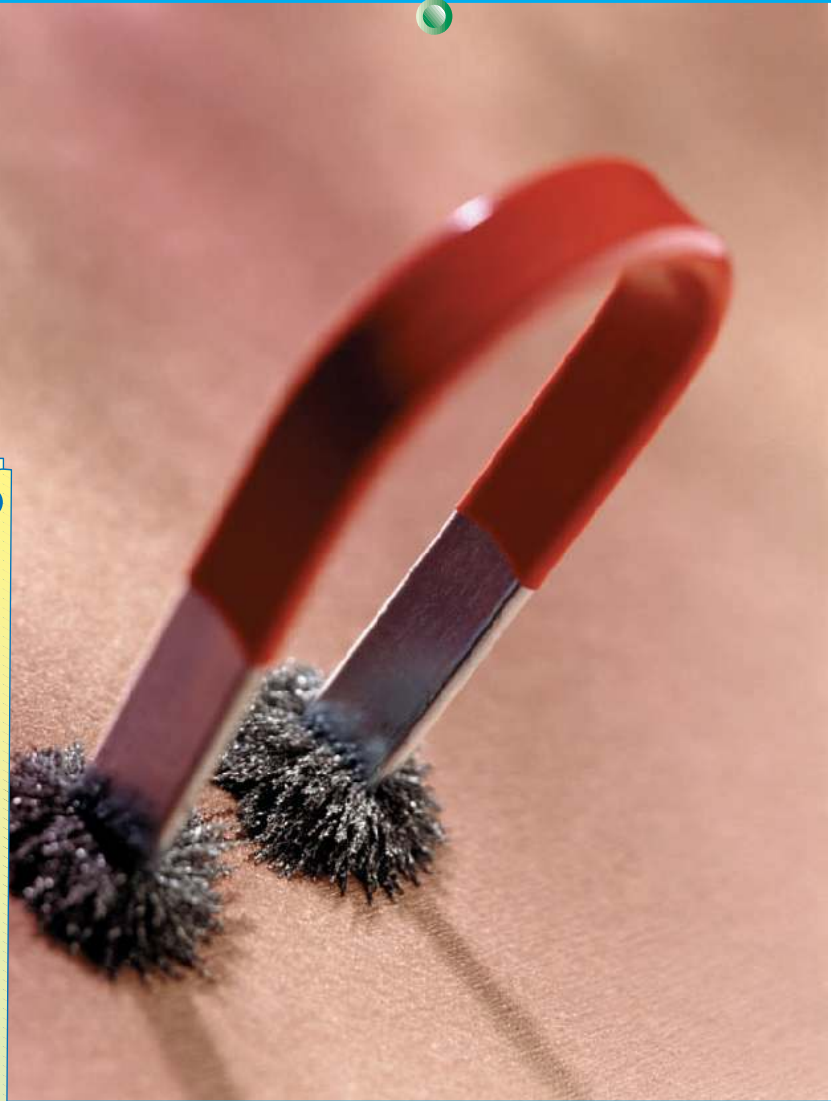
بين الرسم المكونات الرئيسة للدائرة الكهربائية التي توصّل سخان حمل حراري بمقبس كهربائي 250 V. وتكون مقاومة عنصر التسخين 62.5Ω عند استخدامه. ولدى أسلاك التوصيل بعنصر التسخين مقاومة كلية 0.01Ω ويمكن إهمال مقاومة المنصهر.

- (أ) احسب التيار الثابت الساري في الدائرة. (تجاهل مقاومة أسلاك التوصيل).
(ب) ما القدرة الكهربائية المبذودة في عنصر التسخين؟
(ج) 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؟

Simple Phenomena of Magnetism

الظواهر البسيطة
للمغناطيسيةمخرجات
التعلم

- في هذه الوحدة، سوف
- تذكر خواص المغناطيسات .
 - تصف المغناطيسية المستحثة .
 - تفرق بين المواد المغناطيسية وغير المغناطيسية .
 - تصف طرقاً 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 النوعي لشدة المجال المغناطيسي فوق الأجزاء الناتجة من النمط .
 - (2) تذكر تأثير تغيير قيمة و/أو اتجاه التيار الكهربائي على المجال المغناطيسي .
 - تصف تطبيق التأثير المغناطيسي للتيار في الجرس الكهربائي، وقاطع الدوائر الكهربائية .



قد تكون لعبت ذات مرة بالمغناطيسات عندما كنت في سن صغير. فالمغناطيسات أجسام غريبة ومشوقة، وهي أيضاً 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 .

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



شكل 2-5 بوصلة ملاحية حديثة



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

المواد المغناطيسية وغير المغناطيسية

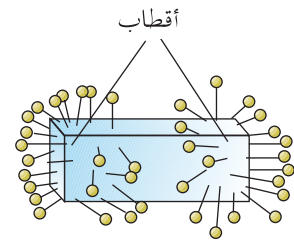
يتكون المجنيتايت من أكسيد للحديد. ويجذب ذلك المغناطيس الطبيعي مواد معينة مثل الكوبالت، والنيكل، وبعض السبائك مثل الفولاذ. ونسعى تلك المواد مواد مغناطيسية. ونسعى المواد التي لا تنجذب بالمغناطيس مثل النحاس الأصفر، والنحاس الأحمر، والخشب، ولدائن مواد غير مغناطيسية. وأي مادة (مثل المجنيتايت) تكون قادرة على الاحتفاظ بالمغناطيسية لمدة طويلة تسمى مغناطيساً دائماً. 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 أيضاً جميع المغناطيسات الخواص التالية:

1- أقطاب مغناطيسية

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

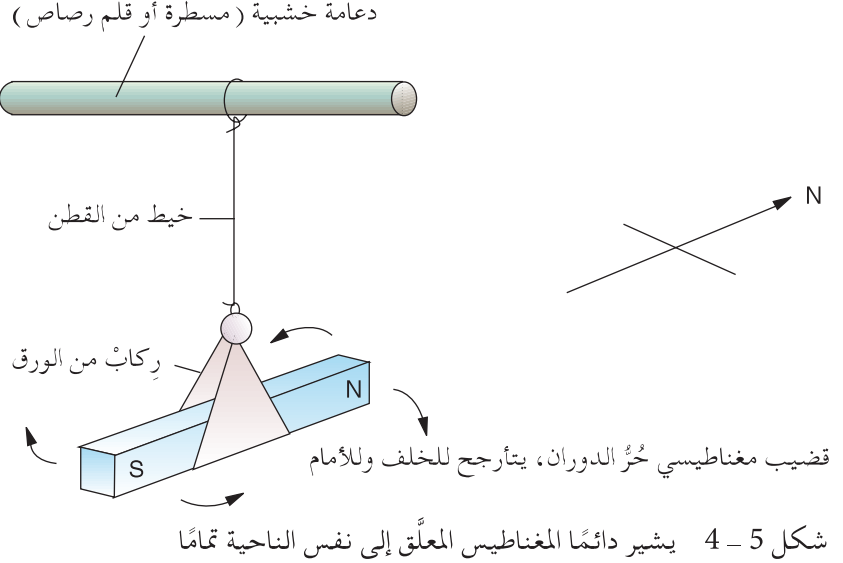


شكل 3-5 تبين الدبابيس موقع قطبي المغناطيس

2- القطب الشمالي والقطب الجنوبي

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

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



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

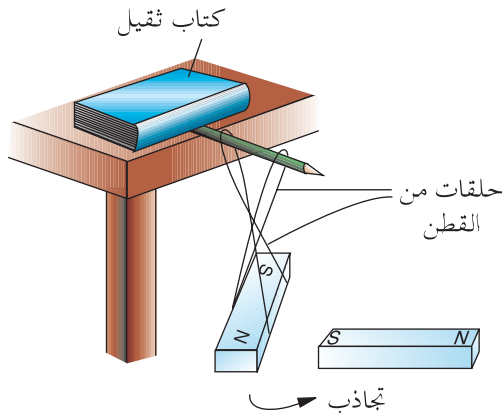
ويشار عادة إلى قطبي المغناطيس على أنهما قطب الشمال (القطب N) وقطب الجنوب (القطب S). ويُستخدم لهذا السبب المغناطيس كبوصلة للملاحة.

3- قانون الأقطاب المغناطيسية

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

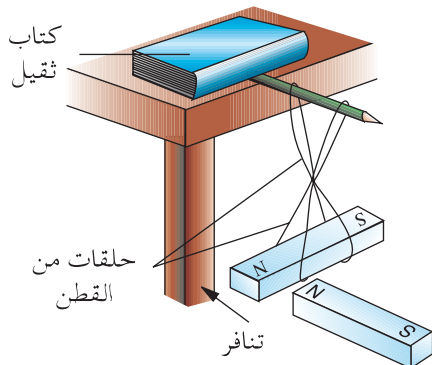
ينجذب قطب الشمال للمغناطيس المعلق في شكل 5-5 إلى قطب الجنوب للمغناطيس الآخر. وعلى العكس يتنافر قطب الشمال للمغناطيس المعلق مع قطب الشمال للمغناطيس الآخر. يتنافر كذلك قطبا الجنوب مع بعضهما البعض. ويلخص قانون الأقطاب المغناطيسية تلك الحقائق التجريبية:

الأقطاب المتشابهة تتنافر، والأقطاب المختلفة تتجاذب.



شكل 5-5 الأقطاب غير المتماثلة تتجاذب

شكل 5-6 الأقطاب المتماثلة تتنافر



اختبار مغناطيس

لاختبار ما إذا كان جسم ما مغناطيسًا، يُجلب أحد طرفيه تجاه أحد طرفي قضيب مغناطيسي معلق. 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 المعلق، أو أن الجسم ببساطة مادة مغناطيسية. ولاختبار ما إذا كان الجسم مغناطيسًا، من الضروري تكرار الاختبار بجلب الطرف الآخر للجسم تجاه طرف المغناطيس المعلق لترى ما إذا كان سيحدث تنافر.

التنافر هو الاختبار الوحيد المضمون لمعرفة القطبية

أسئلة التقويم الذاتي

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

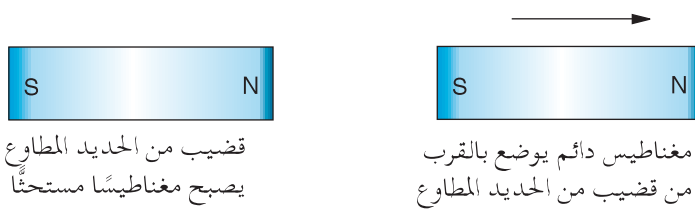
2-5 الحث المغناطيسي

Magnetic Induction

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 مستحثًا يتم تكوينه بوضع مغناطيس دائم بالقرب من قضيب من الحديد المطاوع.

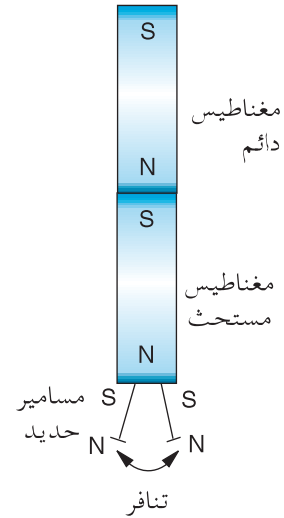
الحث المغناطيسي عملية حث المغناطيسية في مادة حديدية غير ممغنطة من دون أي تلامس مع المغناطيس.



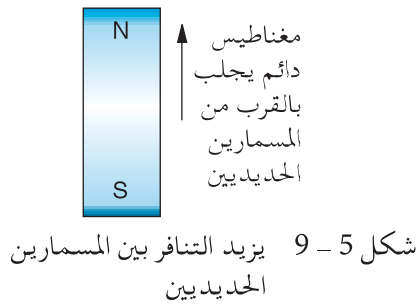
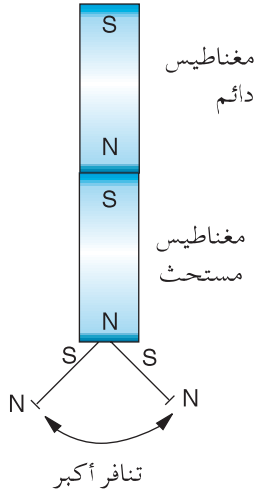
في شكل 5-7 يحدث الحث المغناطيسي عن بعد

يحث قطب الشمال للمغناطيس الدائم في شكل 5-7 قطبًا جنوبيًا في الطرف القريب من الحديد المطاوع، بينما يصبح الطرف البعيد للحديد المطاوع قطبًا شماليًا. وللتأكد من أن الطرف البعيد للحديد المطاوع قطب شمال، علق مسمارين حديديين من الطرف البعيد للمغناطيس المستحث كما في شكل 5-8.

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



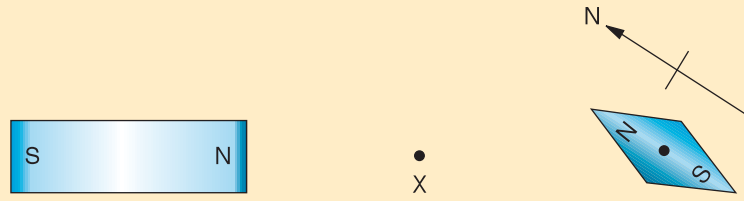
شكل 5-8 يصبح المسامران الحديديان مغناطيسين مستحثين، ويُظهرا تنافرًا بين الطرفين البعيدين



وللتأكد من أن الأطراف البعيدة للمسامير الحديدية أقطاب شمال، نوجه قطباً شمالياً لقضيب مغناطيسي آخر نحو الطرفين البعيدين للمسامير الحديدية. ويشاهد في شكل 5 - 9 تنافراً أكبر يبين أن الطرفين البعيدين للمسامير الحديدية قطبان شماليان. ويبين ذلك على نحو قاطع أن الطرف البعيد للمغناطيس المستحث قطب شمال.

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

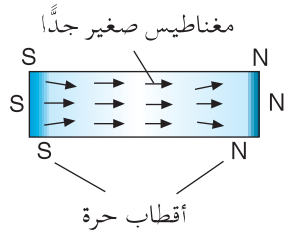
3-5 نظرية المغناطيسية

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).



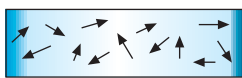
شكل 5 - 11 كل قطعة من القضيب الفولاذي الممغنط هي مغناطيس



شكل 5 - 12 قضيب ممغنط

لهذا، يكون من المعقول تخيل أنه إذا وصلنا قطع كل قطعة من المغناطيس إلى قطع أصغر، ستظل ممغنطة. وبمعنى آخر يمكننا افتراض أن المغناطيس الرئيس كان مكوناً من العديد من المغناطيسات «الصغيرة جداً» مصطفة جميعاً 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 المتشابهة، 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. ويُلقى عندئذ التأثير المغناطيسي الناتج عن جميع المغناطيسات الدقيقة، ويقال أن القضيب الفولاذي غير ممغنط.

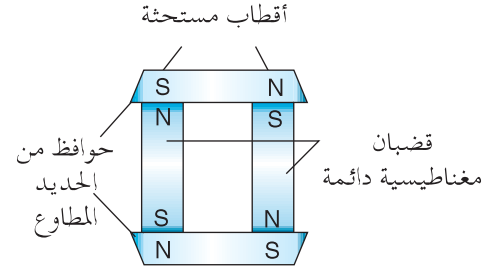


شكل 5 - 13 قضيب غير ممغنط

ويمكن بناءً على هذه النظرية تفسير ما يلي :

1- تخزين المغناطيسات باستخدام حوافظ

إذا حُزِّنت المغناطيسات بوضعها جنباً 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- التشيع المغناطيسي

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

3- إزالة مغناطيسية المغناطيسات

إزالة المغناطيسية هي عملية إزالة المغنطة من مغناطيس ما. وتشمل بعض طرق إزالة مغناطيسية المغناطيسات التسخين والطرق، فيتسبب في اهتزاز ذرات المغناطيس بشدة، وفي تغير ترتيب تراص المغناطيسات الدقيقة.

أسئلة التقويم الذاتي

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

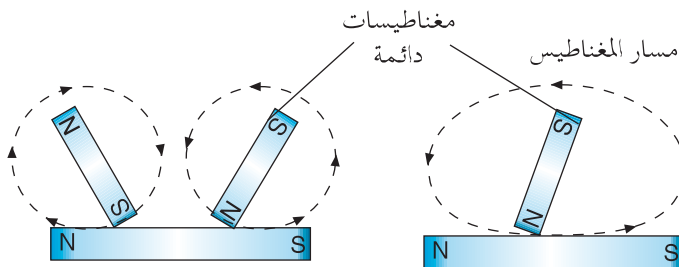
4-5 طرق إكساب وإزالة المغناطيسية

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).



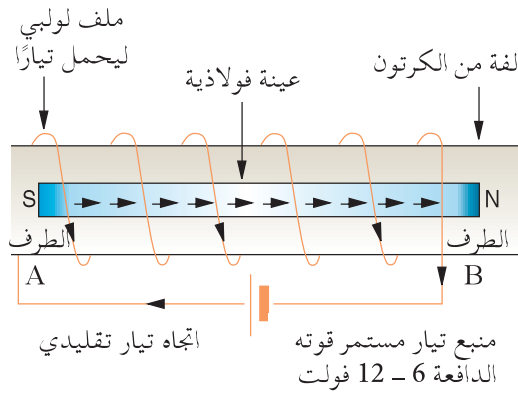
شكل 5 - 16 اللمسة المجزئة

شكل 5 - 15 اللمسة الواحدة

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

وفي حالة طريقة اللمسة المجزئة، يُدَلِّك من مركز القضيب الفولاذي غير المغنط نحو الخارج بالقطبين المختلفين للمغنطيسين الدائمين في نفس الوقت. تعتبر تلك العملية أكثر كفاية من طريقة اللمسة الواحدة، رغم أنه في الحالتين، يجب أن تُرفع عند نهاية كل مرة المغنطيسات لأعلى بشكل كافٍ فوق القضيب الفولاذي.

وبناءً على تأثير الحث المغنطيسي، فإن القطب المكون عند طرف القضيب الفولاذي المغنط بالدلك يكون ذا قطبية عكس قطبية قطب المغنطيس الدائم.



شكل 5 - 17 طريقة الملف اللولبي

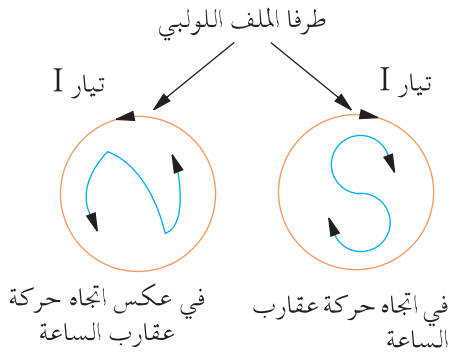
2- صناعة المغنطيس كهربائياً

توضع في شكل 5 - 17 العيننة الفولاذية المطلوب مغنطتها داخل ملف أسطواناني الشكل يسمى ملفاً لولبياً 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 مغنطيساً. وبتشغيل التيار لمدة قصيرة ثم إيقافه، تصبح العيننة الفولاذية غير المغنطة ممغنطة عند رفعها من الملف اللولبي. ويمكن تحديد قطبية المغنطيس بطريقتين.

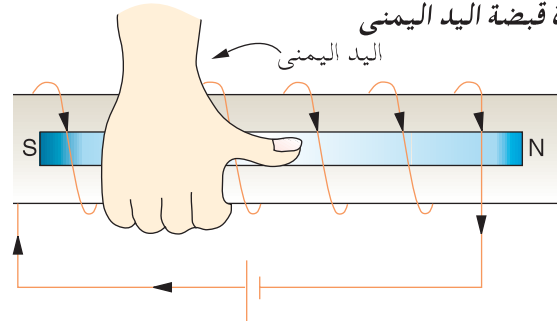
(أ) اتجاه التيار عند طرفي الملف اللولبي

عند النظر مباشرة إلى الطرف B للملف اللولبي في شكل 5 - 17، نرى تياراً يسري في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة، مما يعني أن طرف العيننة الفولاذية المغنطة 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 للعيننة الفولاذية المغنطة هو قطب الجنوب.



شكل 5 - 18 تحديد قطبية العيننة الفولاذية المغنطة

(ب) قاعدة قبضة اليد اليمنى



شكل 5 - 19 قاعدة قبضة اليد اليمنى لتحديد قطبية العيننة الفولاذية المغنطة

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

تحديد

- هل يمكنك تفسير مغنطة العيننة الفولاذية بالتيار المستمر الساري خلال الملف اللولبي مستخدماً "المغنطيسات الذرية"؟
- ماذا ستكون النتيجة إذا سرى تيار متردد (تيار يسري جيئة وذهاباً في الأسلاك) في الملف اللولبي؟

طُرق إزالة مغناطيسية المغناطيسات

1- التسخين

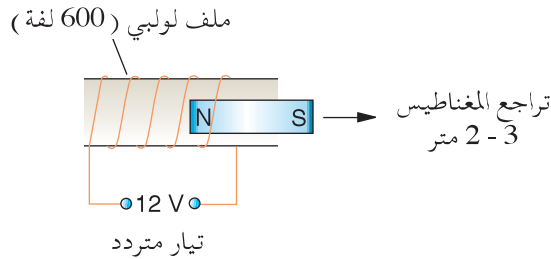
إذا سخَّنا مغناطيسًا بشدة بواسطة موقد بنزن، سيفقد المغناطيس مغناطيسيته بسرعة كبيرة. ويرجع ذلك إلى الاهتزازات المتزايدة لذرات المغناطيس، الأمر الذي يجعل المغناطيسات الدقيقة تفقد اتجاهها الموحد. وبذلك يتم تدمير عملية المغنطة.

2- الطَّرْقُ بالمطرقة

الطرق يجعل المغناطيسات الدقيقة تفقد اتجاهها الموحد، كما في حالة التسخين، وبالتالي تفقد مغناطيسيتها.

3- التيار المتردد

هذه أفضل طريقة لإزالة المغناطيسية. فبوضع مغناطيس داخل ملف لولبي متصل بمنبع تيار متردد، يتم إزالة المغنطة ببطء باستخدام التيار المتردد المار في الملف اللولبي (شكل 5 - 21).



شكل 5 - 21 إزالة مغنطة المغناطيس



شكل 5 - 20 يزيل أيضًا الطرق المغناطيسية من المغناطيسات

أسئلة التقييم الذاتي

- (أ) إذا استخدم قطب جنوبي في طريقة اللمسة الواحدة للتدليك، ما قطبية طرف القضيب الفولاذي الممغنط المرفوع لأعلى؟
- (ب) اذكر ثلاث طرق لإزالة مغنطة المغناطيسات .

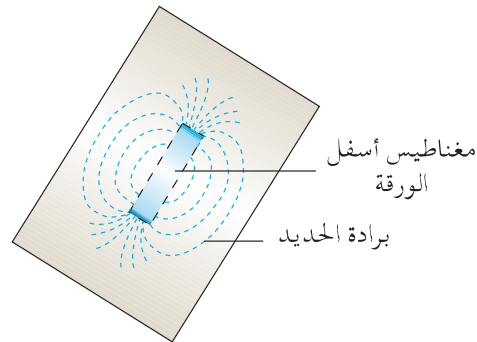
5-5 المجالات المغناطيسية، وبوصلة تخطيط المجال

Magnetic Fields and the Plotting Compass

هل أسقطت من قبل علبة دبابيس على الأرض؟ ستجد أن الطريقة الفعالة لجمعها هي استخدام مغناطيس. ستلاحظ انجذاب الدبابيس للمغناطيس عند اقترابه منها. ويمكن تفسير ذلك التأثير للفعل عن بعد بمفهوم المجال المغناطيسي حول المغناطيس.

المجال المغناطيسي هو المنطقة التي تُبذل فيها قوة مغناطيسية على أي جسم مغناطيسي يوضع داخل تأثير المجال.

ولتوضيح نمط لمجال مغناطيسي حول قضيب مغناطيسي، يمكن رش قليل من برادة الحديد على ورقة ثم الدق برفق أسفلها مباشرة بقضيب مغناطيسي. ويبين شكل 5 - 22 برادة الحديد وقد اتخذت شكلاً معيناً، 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:

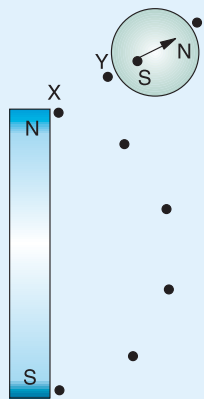
تجربة 5 - 1



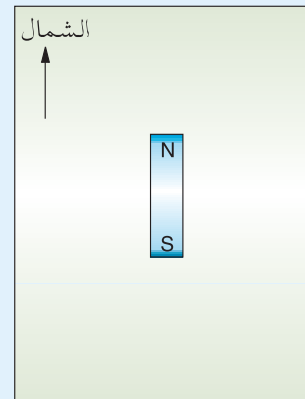
لرسم خطوط المجال لمجال مغناطيسي.

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

بوصلة تخطيط المجال



شكل 5 - 24



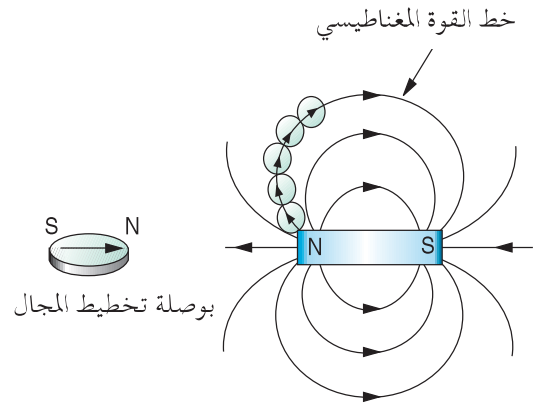
شكل 5 - 23

- الإجراء:
- 1- ضع القضيب المغناطيسي عند مركز الورقة بحيث يواجه قطبه الشمالي جهة الشمال، ويواجه قطبه الجنوبي جهة الجنوب.
 - 2- مبتدئاً بالقرب من أحد أقطاب المغناطيس، ضع علامة بالقلم الرصاص عند موقعي طرفي الشمال والجنوب لإبرة البوصلة في X، حرك البوصلة حتى يصبح أحد الطرفين فوق Y تماماً، 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.

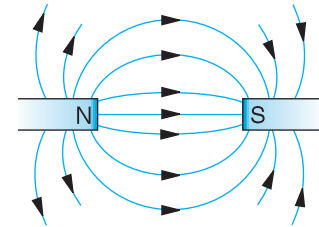
ويبين شكل 5 - 25 نمط مجال نموذجياً (متجاهلاً تأثير مجال الكرة الأرضية) لقضيب مغناطيسي .

وتمثل الخطوط في شكل 5 - 25 اتجاه المجال المغناطيسي، ولذلك تسمى **خطوط المجال المغناطيسي**. وتعرف أيضاً 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. ونُعرّف خط القوة بأنه المسار الذي سيتحرك بطوله قطبٌ شماليٌّ "حر" خيالي إذا كان حرًا في فعل ذلك.

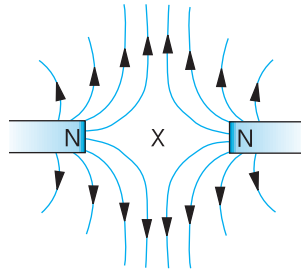
ويمكن أيضاً استخدام هذه البوصلة لرسم المجال المغناطيسي الموحد الناتج عن المغناطيسات المتجاورة. وتبين أشكال 5 - 26 إلى 5 - 28 نمط المجالات المغناطيسية الموحدة، فحيث تكون خطوط المجال قريبة من بعضها يكون المجال أقوى. ونرى أن خطوط المجال القريبة من أقطاب المغناطيسات مرسومة بالقرب من بعضها مما يشير إلى أن 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 لا توجد خطوط مجال مغناطيسي عند X . ويمكن أن تشير بوصلة تخطيط المجال الموجودة عند X إلى أي اتجاه.



شكل 5 - 25 خطوط المجال المغناطيسي حول قضيب مغناطيسي



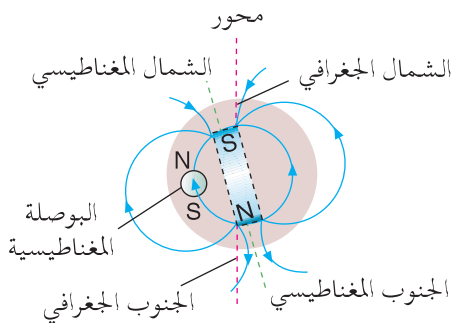
شكل 5 - 27 نمط مجال لزوج من الأقطاب المختلفة معاً



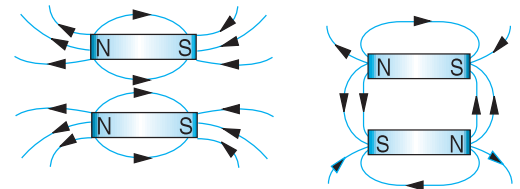
شكل 5 - 26 نمط مجال لزوج من الأقطاب المتماثلة معاً

المجال المغناطيسي للكرة الأرضية

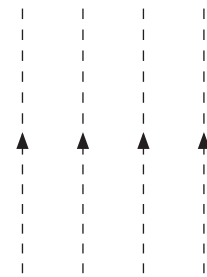
تسلك الكرة الأرضية كما لو أن لها مجال مغناطيسي بقطبين مغناطيسيين، شمالي وجنوبي. وبمعنى آخر، يمكن التفكير في الكرة الأرضية وكأن لها قضيب مغناطيسي خيالي داخلها، كما هو مبين في شكل 5 - 29.



شكل 5 - 29 المجال المغناطيسي للكرة الأرضية



شكل 5 - 28 أنماط مجال أخرى لقضبان مغناطيسية



شكل 5 - 30 يمكن اعتبار المجال المغناطيسي للكرة الأرضية عند أي موقع معين مجالاً منتظماً

ويقع الشمال المغناطيسي بمكان ما في البحر شمال كندا، ويتزحزح ببطء بمرور السنين. ويُعتقد الآن أن المجال المغناطيسي للكوكب الأرضية سببه على الأرجح تيارات كهربائية تدور داخل قلب الكوكب الأرضية، وتلك التيارات تتولد بالحمل الحراري في قلب الكوكب الأرضية السائل. ويُعتقد أن الطاقة الخاصة بالحمل الحراري ترجع إلى تحول الطاقة النووية، تحدثها العمليات الإشعاعية في قلب الكوكب الأرضية. وتوجد أيضًا مجالات مغناطيسية داخل الذرات، وفي النجوم، والأجرام السماوية الأخرى.

أسئلة التقويم الذاتي

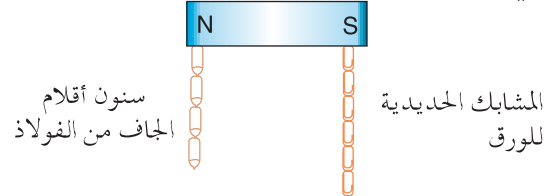
- (أ) اذكر مثالين لتأثير "الفعل عن بعد" لمغناطيس.
(ب) ماذا تفهم من المصطلح: نقطة تعادل؟

6-5

الخواص المغناطيسية للحديد وال فولاذ

Magnetic Properties of Iron and Steel

يبين شكل 5-31 سلسلتين من مشابك الورق الحديدية الصغيرة، و سنون قلم فولاذية معلقتين في مغناطيس. ويبحث كل مشبك أو سن المغناطيسية في المشبك الموجود أسفل منه، وتجذب الأقطاب المختلفة المكونة بتلك الطريقة بعضها البعض. تضاف المشابك والسنون الواحد تلو الآخر؛ لتُشكل سلسلة حتى تمتنع أي مشابك أو سنون أخرى عن البقاء متصلة بالحث المغناطيسي.



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.

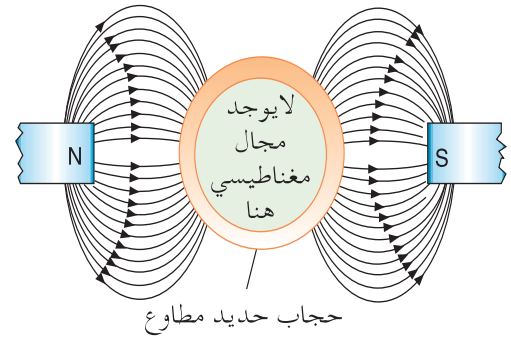
وإذا أزيلت السلسلة المكونة من المشابك الحديدية بجذب المشبك الأعلى ببطء بعيداً عن المغناطيس، تنهار السلسلة كلها. ويبين ذلك أن المغناطيسية المستحثة في الحديد مؤقتة.

لكن إذا كرر 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 ميوميثال وستالوي والتي تكون أسهل في إكسابها مغناطيسية ولكن لاتحتفظ بمغناطيسيتها بالمواد المغناطيسية المطاوعة.

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 مجالاً مغناطيسياً قوياً ليكتسب مغناطيسية.
- الفولاذ مناسب جداً لصناعة مغناطيسات دائمة، ويُستخدم لصناعة قضبان مغناطيسية.

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، والأحذية المغناطيسية (انظر شكل 5 - 32).



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

أسئلة التقييم الذاتي

فرِّق بين الخواص المغناطيسية للحديد والفولاذ.

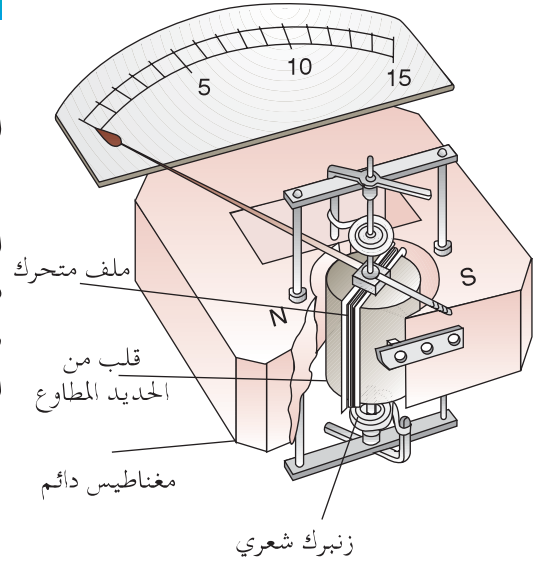
5-7 بعض استخدامات المغناطيسات الدائمة والمغناطيسات الكهربائية

Some Uses of Permanent Magnets and Electromagnets

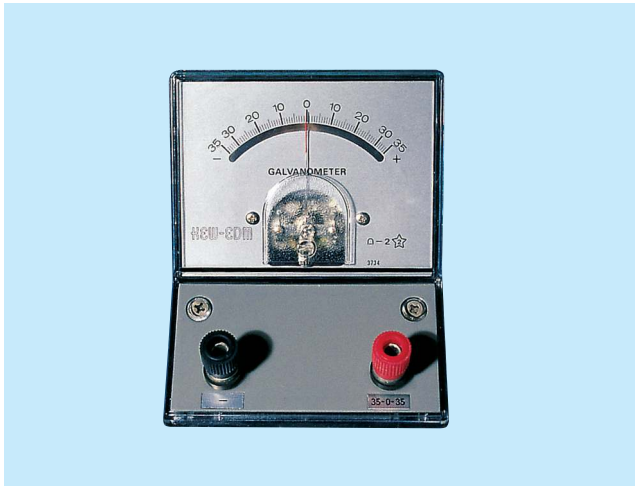
المغناطيسات الدائمة

1- الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك

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



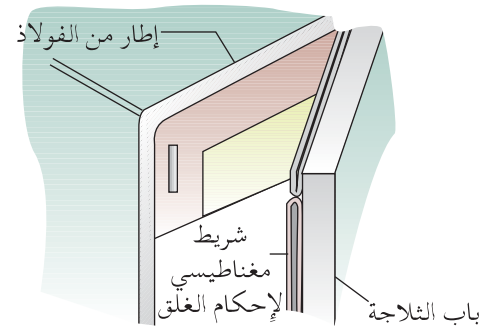
شكل 5 - 33 (أ) منظر تفصيلي لجلفانوميتر ذي ملف متحرك



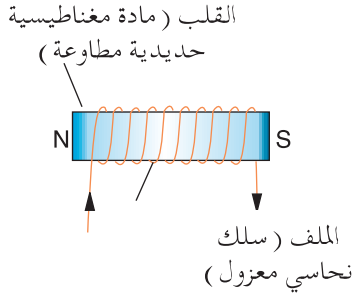
شكل 5 - 33 (ب) الجلفانوميتر ذو الملف المتحرك صفره في المنتصف

2- سُقاطة الباب المغناطيسية

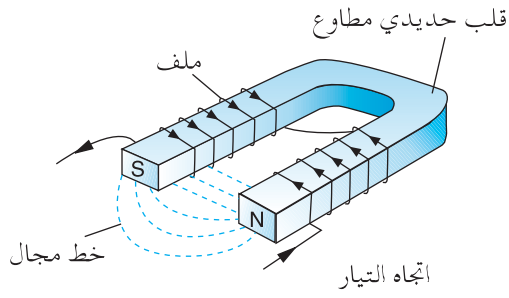
تُرَكَّب أشرطة ممغنطة في أبواب الثلاجات والمجمدات (حجرة تجميد الثلاجة) لتبقى مغلقة. ويبين شكل 5 - 34 سُقاطة الباب الممغنطة للثلاجة المنزلية الشائعة.



شكل 5 - 34 سُقاطة باب مغناطيسية



شكل 5 - 35



شكل 5 - 36



شكل 5 - 37 توجد طبقة من مادة مغناطيسية حديدية على الأشرطة السمعية والبصرية

3- استخدامات أخرى للمغناطيسات الدائمة

- (أ) المغناطيسات الدائمة ضرورية لتشغيل آلات كهربائية عديدة مثل مولدات التيار المستمر ومحركات التيار المتردد.
- (ب) تستخدم بعض الحواسيب مغناطيسات حلقيّة صغيرة كذاكرة مغناطيسية.
- (ج) 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) .

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 مجالاً مغناطيسياً قوياً . وعند إيقاف تشغيل التيار ، يفقد القلب مغناطيسيته لأنه مصنوع من مادة مطاوعة مغناطيسياً ، 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 . ويبين شكلا 5 - 35 ، 5 - 36 نوعين شائعين من المغناطيسات الكهربائية .

وتشمل الاستخدامات الشائعة للمغناطيسات الكهربائية :

1- الأشرطة السمعية والبصرية

الأشرطة السمعية والبصرية هي أشرطة اصطناعية مغطاة بطبقة من مادة مغناطيسية حديدية ، ويُسجّل عليها عن طريق مغنطة الشريط بمغناطيس كهربائي . ويمثل الصوت أو الصورة في أشكال كهربائية كتيارات متغيرة . تتسبب تلك التيارات في مغنطة المغناطيس الكهربائي (رأس المسجل) للشريط طبقاً للصورة أو الصوت الذي يمثلانه .

2- استخدامات أخرى للمغناطيسات الكهربائية (يدرس في الجزء 5 - 8)

- (أ) الجرس الكهربائي .
- (ب) مُرَحِّلة مغناطيسية بسيطة .
- (ج) مفتاح ريشي .
- (د) قاطع الدوائر الكهربائية .

أسئلة التقويم الذاتي

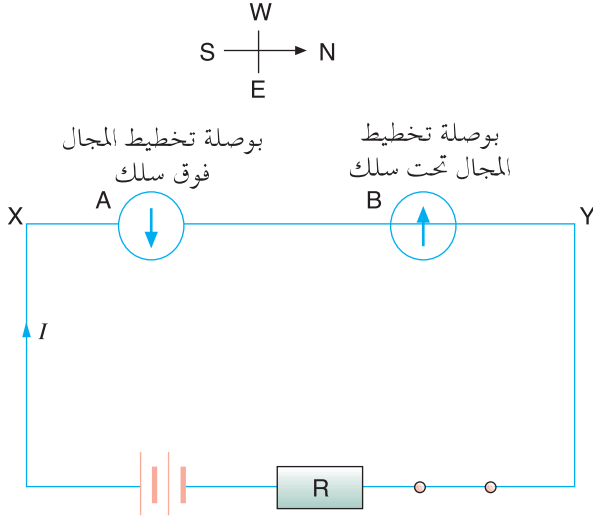
- (أ) اذكر ثلاثة استخدامات للمغناطيسات الدائمة .
- (ب) اذكر ثلاثة استخدامات للمغناطيسات الكهربائية .

8-5 التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي

Magnetic Effect of a Current

يمكن إجراء نفس التجربة التي قام بها أورستيد بالجهاز المبين في شكل 5 - 38.

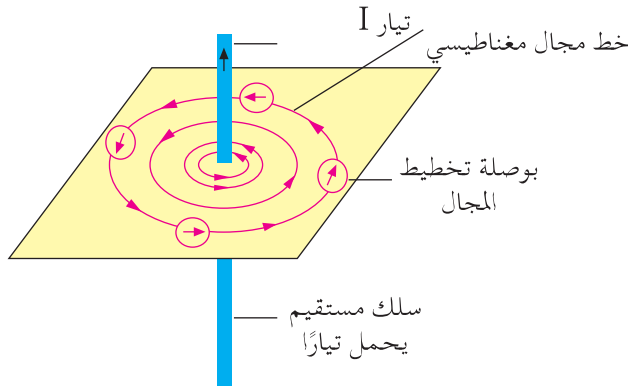
ينتج الموصل الكهربائي الحامل للتيار مجالاً مغناطيسياً.



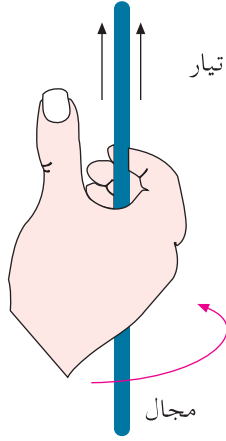
شكل 5 - 38 تجربة أورستيد

يوضع السلك XY في اتجاه شمال - جنوب . وعند غلق الدائرة يسري تيار كهربائي عبر XY، وتنحرف بوصله 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 مجالاً مغناطيسياً يتكون عند سريان تيار كهربائي خلال السلك .

نمط المجال المغناطيسي نتيجة مرور تيار كهربائي في سلك مستقيم
يمكن رسم نمط المجال المغناطيسي لسلك مستقيم يحمل تياراً كهربائياً بواسطة بوصله تخطيط المجال . ولإجراء ذلك يوضع سلك متجهاً لأعلى خلال ثقب صغير في ورقة مقواة أفقية، كما هو مبين في شكل 5 - 39، ثم توضع بعد ذلك البوصلة على البطاقة . وتكون خطوط المجال المغناطيسي الناتجة دوائر متحدة المركز حول السلك .



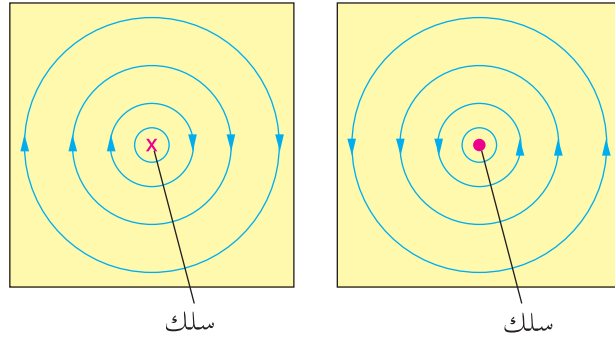
شكل 5 - 39 رسم خطوط المجال المغناطيسي الناتج عن سلك مستقيم يحمل تياراً كهربائياً



شكل 5 - 40 قاعدة قبضة اليد اليمنى

وللتنبؤ باتجاه المجال المغناطيسي حول الأسلاك، تستخدم قاعدة سهلة هي قاعدة قبضة اليد اليمنى الموضحة في شكل 5 - 40. 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 - 41).



(أ) تبين نقطة في السلك
التيار خارجًا من
الورقة

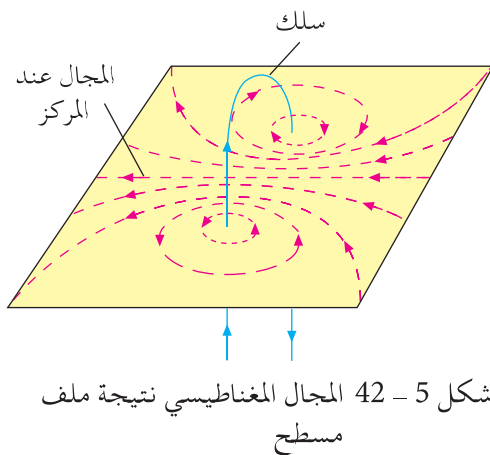
(ب) تبين علامة X في
السلك التيار الساري
إلى الورقة

شكل 5 - 41

لاحظ في الشكلين 5 - 41، 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.

تكون قوة المجال المغناطيسي في سلك مستقيم طويل أقوى عندما:

- تكون أقرب إلى السلك.
- يمر خلالها تيار أكبر.



شكل 5 - 42 المجال المغناطيسي نتيجة ملف مسطح

نمط المجال المغناطيسي بسبب ملف مسطح (ملف دائري) يحمل تيارًا كهربائيًا

يمكن فحص نمط المجال المغناطيسي الناتج عن سريان تيار عبر ملف مسطح بالجهاز المبين في شكل 5 - 42.

إن أحد ملامح نمط المجال المغناطيسي للملف المسطح هو أن قوة المجال المغناطيسي تكون أقوى بطول باطن الملف عما تكون خارجه. ولهذا تقع خطوط مجال مغناطيسي أكثر لكل وحدة مساحة على منطقة باطن الملف. لاحظ كذلك أن خطوط المجال عند المركز تكون مستقيمة، وتتعامد على السطح المسطح للملف.

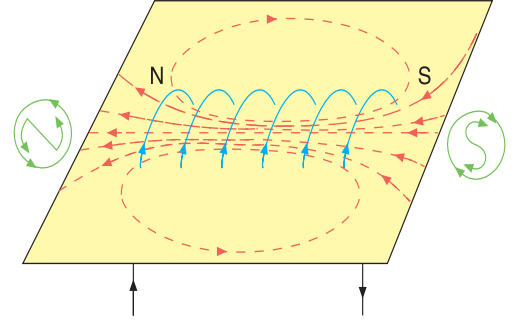
ويمكن زيادة قوة المجال المغناطيسي عند مركز الملف المسطح بطريقتين:

- (1) زيادة التيار.
- (2) زيادة عدد لفات الملف المسطح.

نمط مجال مغناطيسي لملف لولبي يحمل تياراً كهربائياً

يمثل نمط المجال المغناطيسي للملف اللولبي مثيله للقضيب المغناطيسي (شكل 5 - 43)، 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:

يكون طرف الملف قطباً شمالياً إذا كان التيار يسري في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة، ويكون قطباً جنوبياً إذا كان التيار يسري في اتجاه حركة عقارب الساعة.



شكل 5 - 43 مجال مغناطيسي نتيجة ملف لولبي

وعليه يكون الطرف الأيسر للشكل 5 - 43 قطباً شمالياً، بينما يكون الطرف الأيمن قطباً جنوبياً.

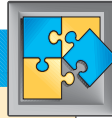
المجال المغناطيسي أقوى داخل الملف اللولبي كما تبين خطوط المجال المغناطيسي الأقرب من بعضها البعض. وتبين أيضاً الخطوط المتوازية للمجال أن قوة المجال المغناطيسي منتظمة تقريباً داخل الملف اللولبي.

ويمكن زيادة قوة المجال المغناطيسي عن طريق:

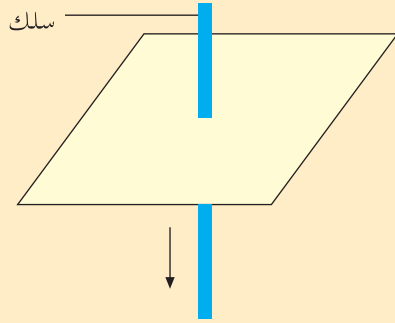
- 1- زيادة التيار الكهربائي.
- 2- زيادة عدد اللفات لكل وحدة طول في الملف اللولبي.
- 3- استخدام قلب من الحديد المطاوع داخل الملف اللولبي.

يُعتبر شكل 5 - 43 تكويناً أساسياً للمغناطيس الكهربائي والذي له تطبيقات مفيدة كثيرة.

أسئلة التقويم الذاتي



يسري تيار ثابت في سلك مستقيم طويل في الاتجاه الموضح في شكل 5 - 44. ارسم نمط، واتجاه المجال المغناطيسي في الرسم التالي:



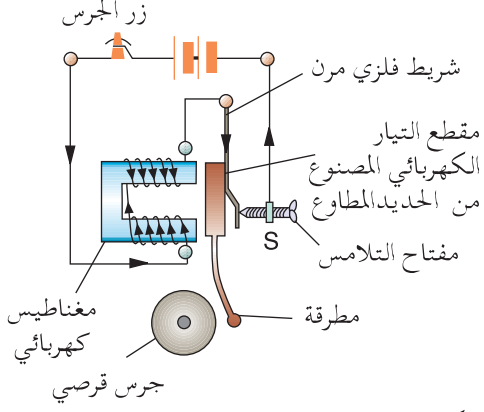
شكل 5 - 44

اذكر ثلاث طرق لزيادة قوة المجال المغناطيسي للملف اللولبي.

بعض 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



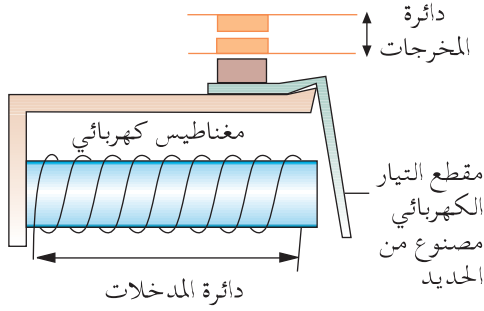
شكل 5 - 45 جرس كهربائي

عند الضغط على زر الجرس تصبح الدائرة الكهربائية كاملة، ويسري التيار، ويصبح المغناطيس الكهربائي ممغنطاً، فيجذب مقطع التيار الكهربائي المصنوع من الحديد المطاوع. ويُمكّن 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، محدثاً تلامس عند (S) مرة أخرى، وبذلك تكتمل الدائرة مرة أخرى.

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

2- المرّحل المغناطيسي البسيط



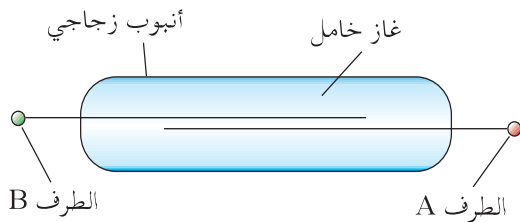
شكل 5 - 46 جهاز الترحيل المغناطيسي البسيط

جهاز الترحيل هو جهاز توصيل يستخدم مغناطيساً كهربائياً وله دائرتان كهربيتان على الأقل. تُستخدم دائرة واحدة للسيطرة على دائرة كهربائية أخرى دون وجود أي اتصال كهربائي مباشر بينهما. وتمتد دائرة المدخلات المغناطيس الكهربائي بالتيار.

ونحتاج فقط تياراً صغيراً جداً. 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 تُغفل (طبقاً للتصميم) أماكن التلامس في الدائرة الثانية، أو دائرة المخرجات. ولهذا تسيطر دائرة المدخلات والتي تعمل بتيار (أو جهد) ضعيف (آمن) على، أو تنشيط دائرة أخرى تعمل بتيار/جهد أعلى (خطير).

3- المفتاح الريشي



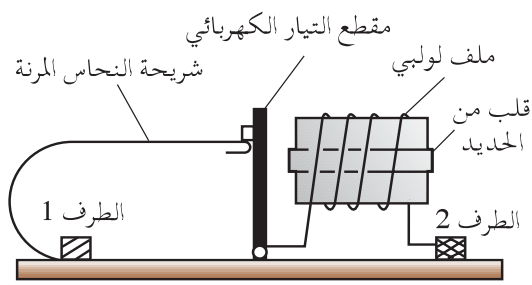
شكل 5 - 47 المفتاح الريشي

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.

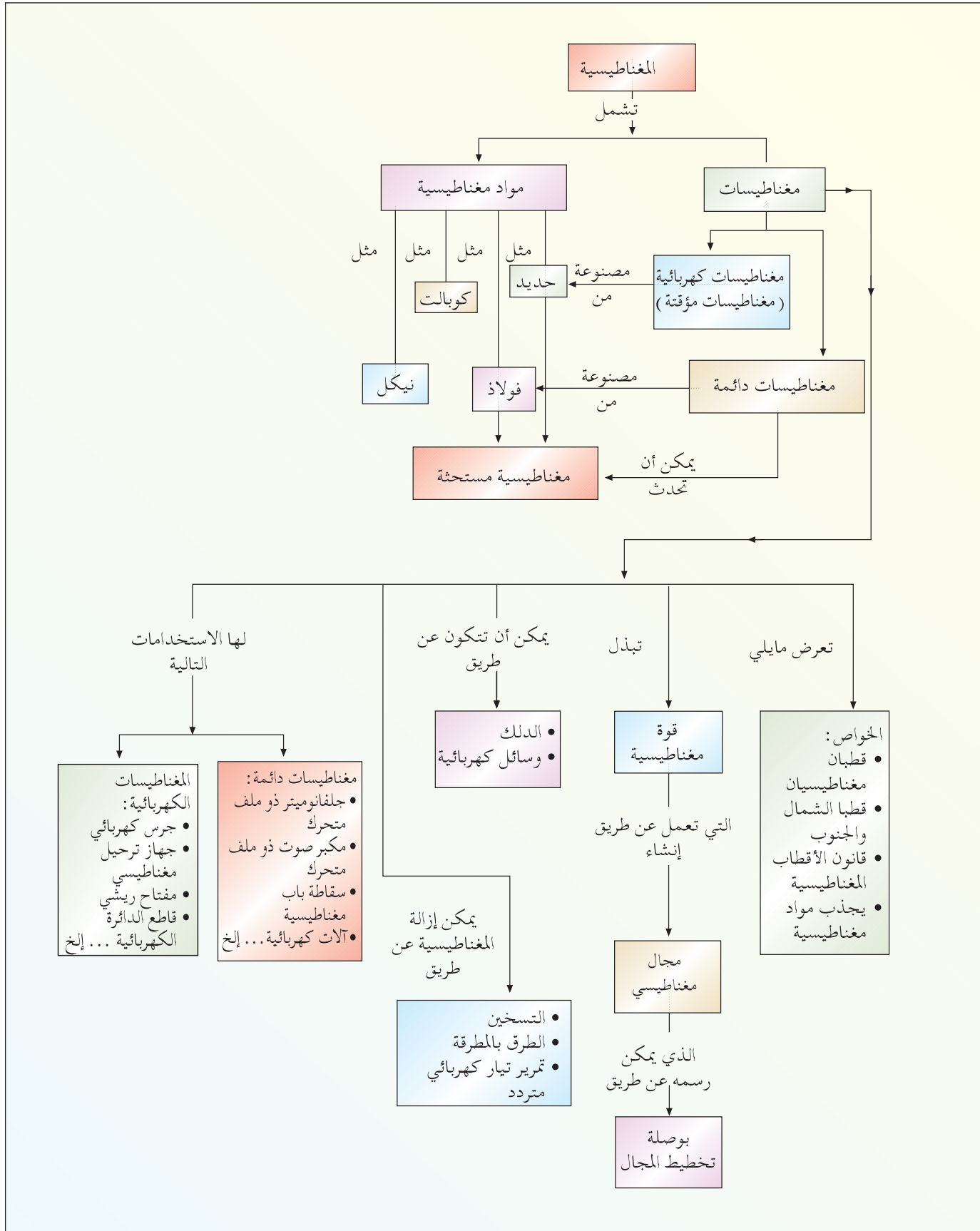
وعند تقريب مجال مغناطيسي لمغناطيس دائم أو لمغناطيس كهربائي من المفتاح الريشي، تتمغنط الشريحتان مؤقتاً، وينجذبا لبعضهما، ومن ثم يتم التلامس وتغلق الدائرة. ويُمكّن ذلك الدائرة الخارجية التي يتصل بها المفتاح الريشي من أن تنشط.

4- قاطع الدائرة الكهربائية



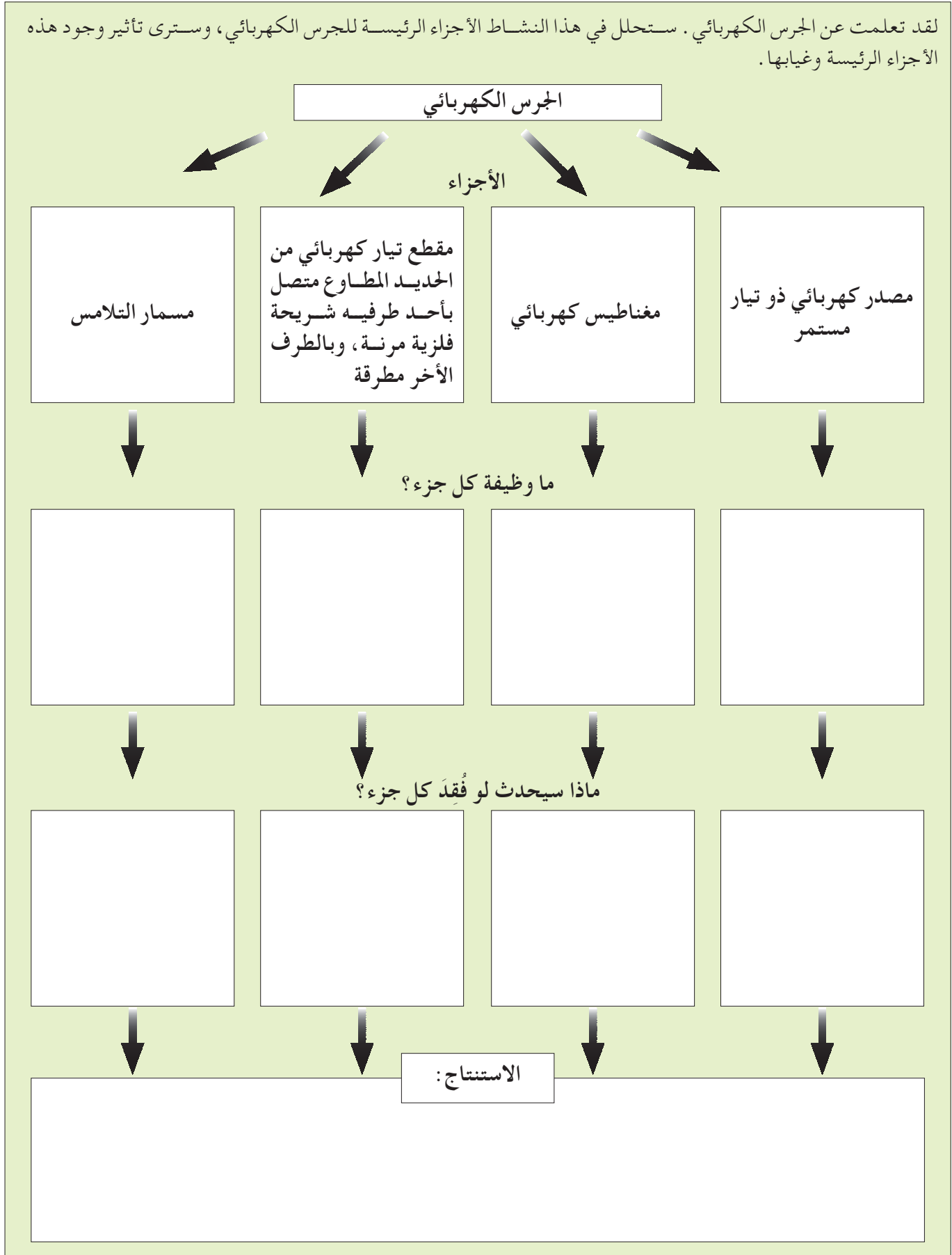
شكل 5 - 48 قاطع الدائرة الكهربائية

يبين شكل 5 - 48 قاطع دائرة كهربائية مصمماً لمنع التيار الكهربائي من السريان فيها عندما يكون زائداً. يسري التيار بطول الشريحة النحاسية المرنة خلال مقطع التيار الكهربائي والملف اللولبي. ويجذب المغناطيس الكهربائي مقطع التيار الكهربائي إذا كان التيار كبيراً بشكل كاف، ومن ثم تنقطع الدائرة.



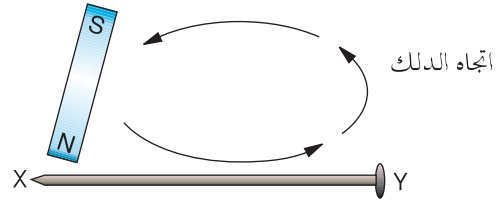
المهارة: تحديد الخصائص والمكونات

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



الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

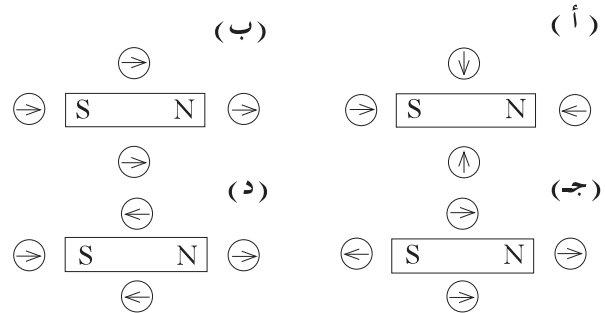
- 1- لن يجذب المغناطيس قطعة من
(أ) الزنك . (ب) الكوبالت .
(ج) النيكل . (د) الفولاذ غير الممغنط .
- 2- أي من العبارات التالية عن الخواص المغناطيسية للفولاذ تعتبر صحيحة؟
(أ) الفولاذ سهل إكسابه مغناطيسية، ويحتفظ بها لمدة طويلة .
(ب) الفولاذ سهل إكسابه مغناطيسية، ولكن يفقدها بسهولة .
(ج) الفولاذ صعب إكسابه 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 بعيداً عن المغناطيس .
(ج) سيبقى ثابتاً .
(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؟

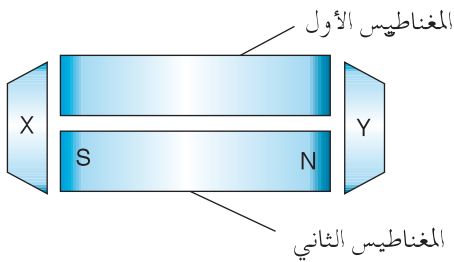


5-

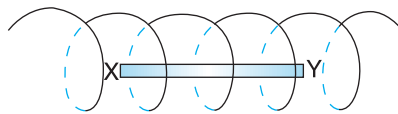
- يستخدم الحديد في المغناطيسات الكهربائية لأنه
(أ) يسهل إكسابه مغناطيسية، ويفقدها بسرعة .
(ب) يسهل إكسابه مغناطيسية، ويحتفظ بها لمدة طويلة .
(ج) موصل جيد للكهرباء، ويحتفظ بمغناطيسيته لمدة طويلة .
(د) مغناطيس قوى، يحتاج فقط تيارات كهربائية صغيرة جداً .

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

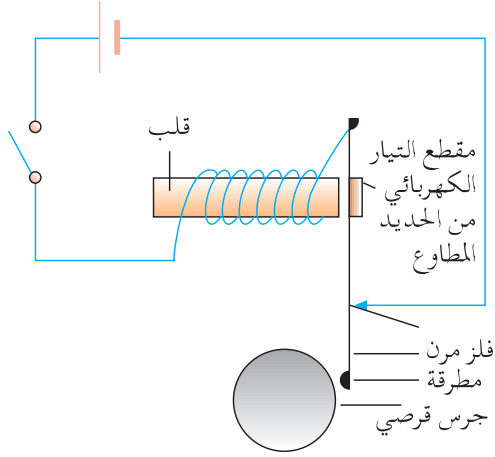
- 1- (أ) صف كيفية التفرقة بين المواد التالية:
قطعة من حديد مطاوع، قطعة من النحاس الأحمر، مغناطيس .
(ب) اذكر اسم مادتين غير مغناطيسيتين . واحدة مطاوعة، والأخرى صلبة .
(ج) فرق بين المواد المغناطيسية المطاوعة والصلبة .
- 2- (أ) صف طريقة كهربائية وطريقة ميكانيكية لإكساب قضيب من الفولاذ مغناطيسية .
(ب) اذكر اسم ثلاث طرق لإزالة مغنطة المغناطيسات . كيف يمكن تعليل إزالة المغنطة بالنظرية المجالية للمغناطيسية؟
(ج) يشيع تخزين القضبان المغناطيسية في أزواج كما هو موضح بالرسم .



- اكتب اسم الفلز المستخدم في X، Y ثم بيّن 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 .



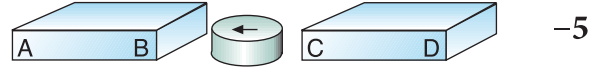
يبين الرسم الملامح الضرورية لجرس يعمل بنضيدة. لماذا تطرق المطرقة الجرس القرصي بشكل متكرر بعد غلق المفتاح؟
قرر أحد الطلبة استقصاء تأثير استخدام مواد مختلفة لتكوين القلب. ولقد استخدم على التوالي قلوباً مصنوعة من (1) اللدائن (2) الفولاذ، (3) النحاس الأحمر. في كل حالة اذكر وشرح ما حدث عند غلق المفتاح.

(أ) (1) -8



يبين الرسم أعلاه ملفين لولبيين: P، Q، يمكن تمرير تيارات كهربائية عبر كل منهما، وقد وُضعا على مركبات حرة الحركة. وتشير الأسهم إلى اتجاه التيار في P. وعند تشغيل التيارات، يلاحظ أن كلاً من المركبتين تتحركان تجاه الأخرى. وعند إيقاف التيارات يلاحظ أن المركبات يسهل فصلهما. فسّر تلك المشاهدات.
(2) تتكرر الآن التجربة، أولاً مع قضيب من الحديد في كل ملف لولبي، ثم مع قضيب من الفولاذ في كل ملف لولبي. في كل حالة صف وفسّر حركة المركبات. هل يسهل في كل حالة فصل المركبات عند إيقاف تشغيل التيارات أم لا؟ اذكر تبريراً لإجاباتك.

4- (أ) كيف تُنتج المغناطيسات الكهربائية؟
(ب) ارسم جرساً كهربائياً عليه البيانات، واذكر كيفية استخدام المغناطيس الكهربائي في تشغيل الجرس الكهربائي.



يبين الرسم بوصلة لتخطيط المجال صغيرة موضوعة بين مغناطيسين قويين. ويمثل رأس السهم قطب الشمال للوصلة.

(1) ما قطبية الطرف C للمغناطيس الأيمن؟
(2) ارسم المغناطيسات فقط كما ترى من أعلى، ثم ارسم خطوط المجال المغناطيسي في المنطقة بين B، C.

6- (أ) صف تجربة واحدة في كل حالة لتبين كيفية إكساب قطعة من الفولاذ مغناطيسية باستخدام تيار كهربائي.
(2) كيفية إزالة مغنطة مغناطيس باستخدام تيار كهربائي.

(ب) اشرح كيفية استخدام بوصلة تخطيط المجال لرسم شكل واتجاه مجال مغناطيسي حول مغناطيس دائم.
(ج) إن لإعادة تدوير علب الألومنيوم جدوى اقتصادية. اقترح كيفية استخدام مغناطيس للتمييز بين علب من الحديد، وعلبة من الألومنيوم.

7- (أ) كيف تحدد تجريبياً نمط المجال المغناطيسي حول قضيب مغناطيسي؟
(2) اتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة معينة في المجال؟
ارسم نمط خطوط المجال الذي تتوقع الحصول عليه. (تجاهل تأثير المجال المغناطيسي للكرة الأرضية).

Force on Conductor
in a Magnetic Field

القوة المؤثرة على موصل
كهربائي في مجال مغناطيسي



مخرجات
التعلم

- في هذه الوحدة، سوف
- تصف تجارب لتبين القوة المؤثرة على موصل يحمل تياراً كهربياً، وعلى مجموعة من الجسيمات المشحونة كهربياً في مجال مغناطيسي، بما في ذلك أثر عكس:
 - (1) التيار.
 - (2) اتجاه المجال.
 - تذكر الاتجاهات النسبية للقوة، والمجال، والتيار عندما تشكل كميتان منهما زوايا قائمة معاً باستخدام قاعدة فليمنج لليد اليسرى.
 - تفسر كيفية تعرض ملف يحمل تياراً 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.

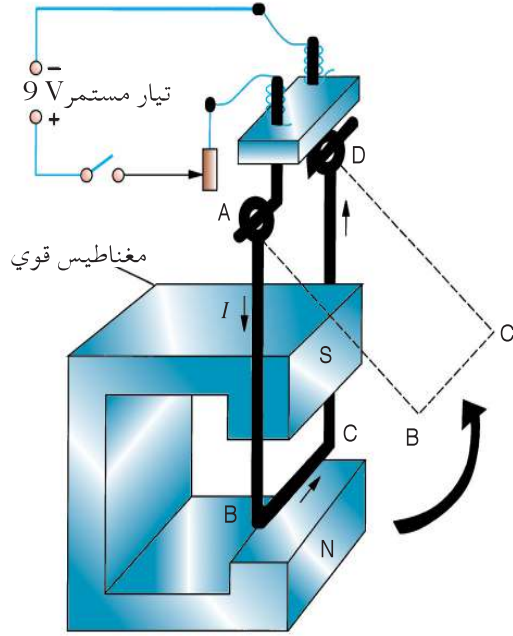
لقد رأينا في الوحدة الخامسة كيفية صنع مغناطيس كهربائي بتمرير تيار كهربائي خلال ملف لولبي، وإنتاج التيار لمجالات مغناطيسية. وسنناقش بالتفصيل في هذه الوحدة القوة المؤثرة على موصل يحمل تياراً كهربياً في مجال مغناطيسي، والتي تسمى أحياناً التأثير الحركي.

يمكن أن تعمل قوة ما على موصل كهربائي يحمل تياراً عند وضعه في مجال مغناطيسي.

1-6 القوة المؤثرة على موصل يحمل تياراً في مجال مغناطيسي

Force on Current-Carrying Conductor in a Magnetic Field

لقد رأينا في الوحدة الخامسة أن السلك الذي يحمل تياراً كهربائياً يكون له مجالاً مغناطيسياً حوله. فإذا وضعنا هذا السلك في مجال مغناطيسي آخر، قد يتفاعل المجالان المغناطيسيان وينتجا قوة على السلك. ويسمى أحياناً ذلك التأثير الحركي، ويبينه شكل 1-6. يُعلّق سلك متأرجح بين قطبي مغناطيس على شكل حدوة حصان، ونلاحظ عند غلق الدائرة أن السلك يُلقى بعنف خارج المجال المغناطيسي. ويمكن استنتاج تعرض السلك حامل التيار لقوة عند وضعه في مجال مغناطيسي.

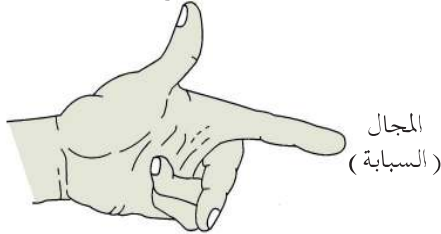


شكل 1-6 بيان عملي يوضح قوة على موصل يحمل تياراً في مجال مغناطيسي

نشاط على شبكة المعلومات الدولية

حاول محاكاة التجربة 1-6 على الموقع:
<<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/lorentzforce.htm>>.

الحركة (إصبع الإبهام)



التيار (الإصبع الوسطى)

شكل 2-6 قاعدة فليمنج لليد اليسرى

لاستقصاء القوة المؤثرة على موصل كهربائي يحمل تياراً. الأدوات: سلك قاس (سميك)، مغناطيس دائم قوي، مصدر كهربائي 9V ذو تيار مستمر. الإجراء: 1- إثني سلكاً سميكاً ABCD على شكل أرجوحة كما في شكل 1-6. 2- ضع المغناطيس فوق السلك BC كما في الشكل. 3- مرّر 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 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ ، يلاحظ أن السلك يتأرجح بعيداً عن المغناطيس (أي للخارج). 2- إذا عكس التيار سيُعاكس تأرجح السلك (أي للدخل).

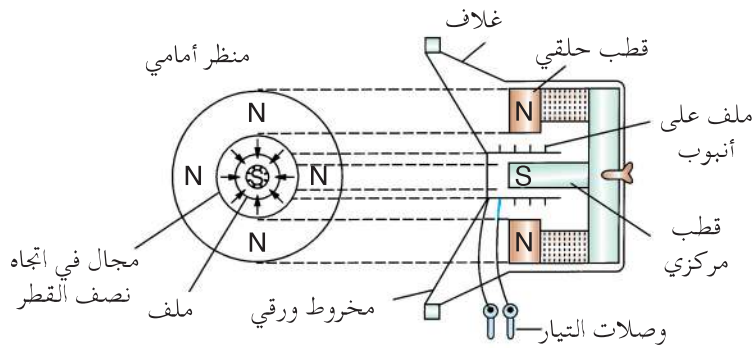
نشاهد في التجربة 1-6 أن الأرجوحة تُقذف خارج المجال المغناطيسي عند سريان تيار خلال السلك BC. ونستنتج أن قوة ما تعمل على السلك حامل التيار عند وضعه في مجال مغناطيسي. وتعمل القوة بزوايا قائمة مع كل من اتجاه التيار، واتجاه المجال المغناطيسي. ونلاحظ أيضاً أنه عند عكس التيار، تنعكس القوة كذلك على السلك.

ويمكن بسهولة استنتاج اتجاه القوة على السلك الحامل للتيار بواسطة قاعدة فليمنج لليد اليسرى. وجّه إصبع الإبهام، والسبابة، والإصبع الوسطى ليُكوّنوا زوايا قائمة معاً كما في شكل 2-6. وجّه السبابة في اتجاه المجال المغناطيسي (قطب شمال إلى قطب جنوب)، ووجّه الإصبع الوسطى في اتجاه التيار. ومن ثم يشير الإبهام إلى اتجاه حركة السلك.

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

ونرى مجالاً 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 3-6 (ب). يعتبر مكبر الصوت ذو الملف المتحرك أحد التطبيقات المفيدة للقوة على موصل كهربائي يحمل تياراً في مجال مغناطيسي.

مكبر الصوت ذو الملف المتحرك



شكل 4-6 تركيب مكبر الصوت ذي الملف المتحرك

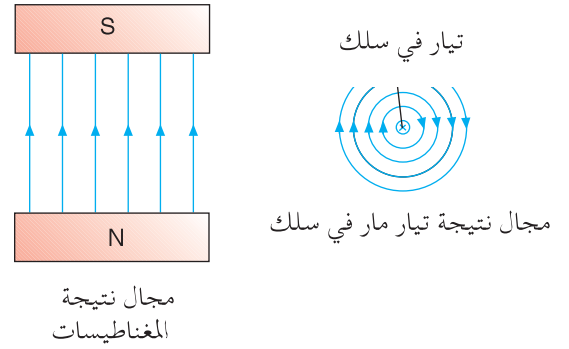
يكون للمغناطيس الدائم المستخدم في مكبر الصوت ذي الملف المتحرك قطب أسطواني مركزي (في هذه الحالة قطب جنوب) وقطب حلقي محيط (في هذه الحالة قطب شمال) لخلق مجال مغناطيسي قوي في اتجاه نصف القطر في الفراغ بين القطبين.

وعند مرور تيار متردد خلال الملف، تنتج قوة تدفع الملف للأمام وللخلف خلال مسافة قصيرة.

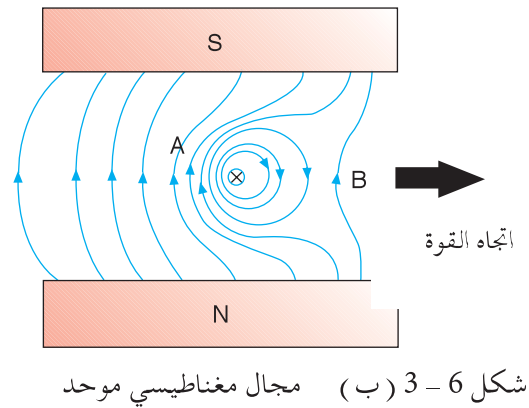
وبربط مخروط ورقي بالملف، تتحرك جزيئات الهواء أمامهما في أثناء اندفاعهما للأمام والخلف، مما يطلق موجات صوتية في الهواء.

أسئلة التقويم الذاتي

- (أ) تُعكس أقطاب المغناطيسات في شكل 1-6 حتى ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي، ماذا يُشاهد عند سريان التيار في الاتجاه $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ ؟
- (ب) حدد تحول (تحولات) الطاقة الحادث (الحادثة) في مكبر الصوت ذي الملف المتحرك.

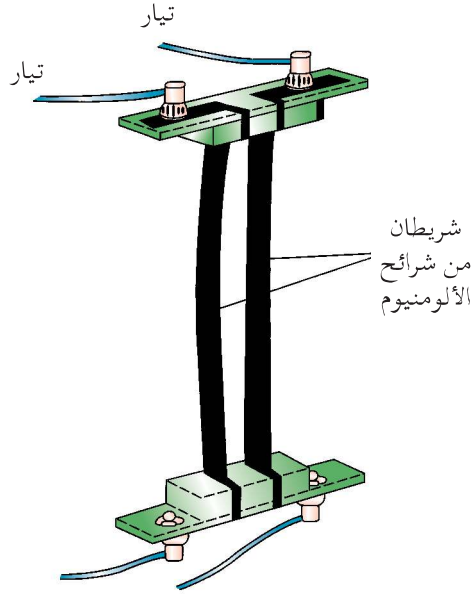


شكل 3-6 (أ) مجالات مغناطيسية نتيجة مغناطيس، وتيار مار في سلك



القوة بين سلكين متوازيين يحملان تيارًا كهربائيًا

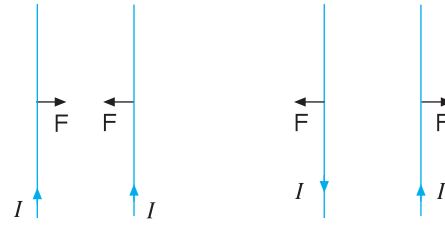
Force between Two Parallel Current-Carrying Wires (Optional)



شكل 6-6 بيان عملي للقوى بين موصلين كهربائيين يحملان تيارًا كهربائيًا

عند وضع سلكين يحملان تيارًا كهربائيًا بالتوازي لبعضهما البعض، نتوقع تفاعل المجالات المغناطيسية على كل سلك مع بعضها، 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 المختلفة، وتتجاذب التيارات المتشابهة.

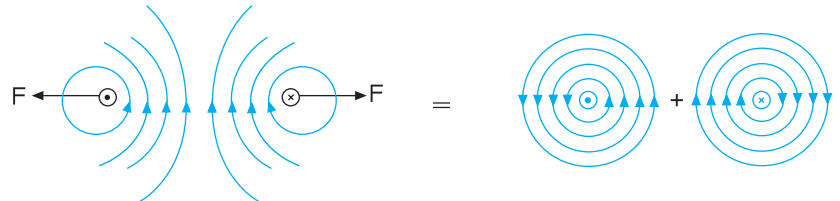


(ب) تتجاذب التيارات المتشابهة

(أ) تتنافر التيارات المختلفة

شكل 6-5 القوة بين موصلات متوازية

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.



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

تتجاذب التيارات المتشابهة .
تتنافر التيارات المختلفة .

توحيد

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



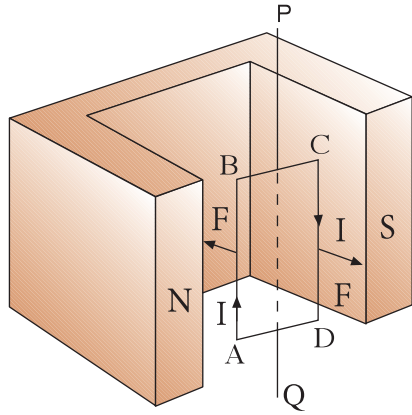
شكل 6-7 (ب) توحيد مجالات مغناطيسية نتيجة تيارات في نفس الاتجاه.

3-6 القوة المؤثرة على ملف مستطيل الشكل يحمل تياراً في مجال مغناطيسي

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

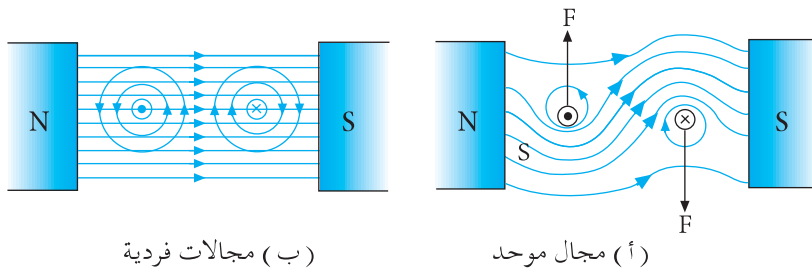
سيتعرض ملف مستطيل الشكل يحمل تياراً في مجال مغناطيسي لقوة دوارة.

إذا وضعنا ملفاً مستطيلاً من سلك فولاذي (على سبيل المثال ملف ABCD في شكل 6-8) بين قطبي مغناطيس قوي، ثم مررنا تياراً خلال الملف، سنكتشف وجود قوة دوارة على الملف المستطيل. عند مرور التيار في الملف ABCD في اتجاه حركة عقارب الساعة، يتعرض الملف لعزم دوارة في اتجاه حركة عقارب الساعة حول المحور PQ. لماذا يحدث ذلك؟



شكل 6-8 يتعرض ملف مستطيل الشكل يحمل تياراً لقوة دوارة

يمكننا مرة ثانية تحليل ذلك الموقف بالنظر إلى المجالات المغناطيسية الموحدة نتيجة الملف والمغناطيسات. ويبين شكل 6-9 (أ) منظرًا علويًا لملف مستطيل الشكل. ستولد 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؟).



(ب) مجالات فردية

(أ) مجال موحد

شكل 6-9 مجال مغناطيسي موحد لملف مستطيل الشكل

وتنتج هاتان القوتان تأثيراً دوّاراً يمكن رؤيته من الطرف المنظور، يدير الملف في اتجاه حركة عقارب الساعة. إن لهذا التأثير الدوّار على ملف سلك يحمل تياراً تطبيق مهم جداً - 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.



محرك التيار المستمر .

<<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/electricmotor.htm>>.

افحص دوران الملف في المجال المغناطيسي .

1- هل تستطيع التنبؤ باتجاه دوران الملف بشكل صحيح؟

2- والآن اعكس التيار في الملف بالضغط على زر عكس التيار . ماذا يحدث للملف؟

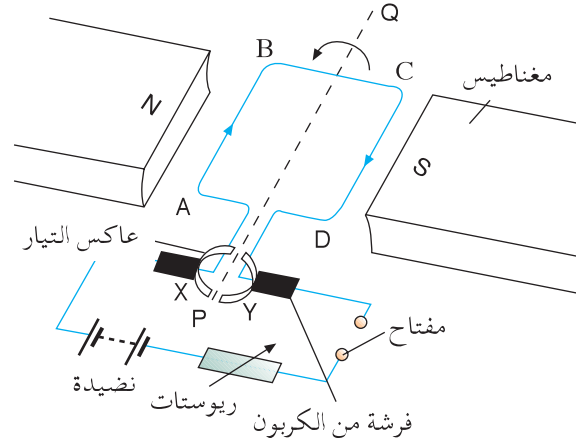
3- والآن اعكس قطبي المغناطيس . هل يمكنك التنبؤ بما سيحدث؟

4- راقب عاكس التيار .

ما الغرض منه؟

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 3 - 6، 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 يصل إلى الوضع الرأسي. ويصبح الآن التيار مفصولاً ولكن قوة دفع الملف تحمّله ليتعدى 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 فرشاة إلى أخرى. يضمن ذلك دوران الملف دوماً 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 مغات 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.

4-6 القوة المؤثرة على شحنة متحركة في مجال مغناطيسي

Force on a Moving Charge in a Magnetic Field

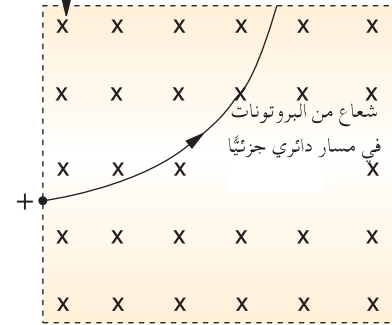
تعلمنا في الجزء 6-1 أن السلك الحامل للتيار يتعرض لقوة ما عند تعامده على المجال المغناطيسي. ونذكر كذلك أن التيار هو في الواقع، سريان شحنات كهربائية، أي إلكترونات حرة في السلك. وسنفحص في هذا الجزء تأثير المجال المغناطيسي على الشحنات المتحركة.

تمثل علامات \times في شكل 6-11 منطقة المجال المغناطيسي. ويكون اتجاه المجال المغناطيسي إلى داخل الورقة.

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 الشحنات الموجبة.

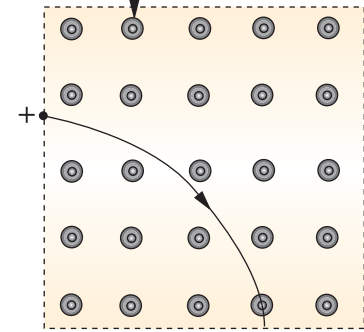
يدخل شعاع البروتونات في شكل 6-12 منطقة المجال المغناطيسي الموجه نحو خارج الورقة، فينحرف لأسفل.

تمثل علامات \times مجالاً مغناطيسياً موجهاً إلى داخل الورقة



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

تمثل النقاط مجالاً مغناطيسياً موجهاً إلى خارج الورقة



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

تحليل

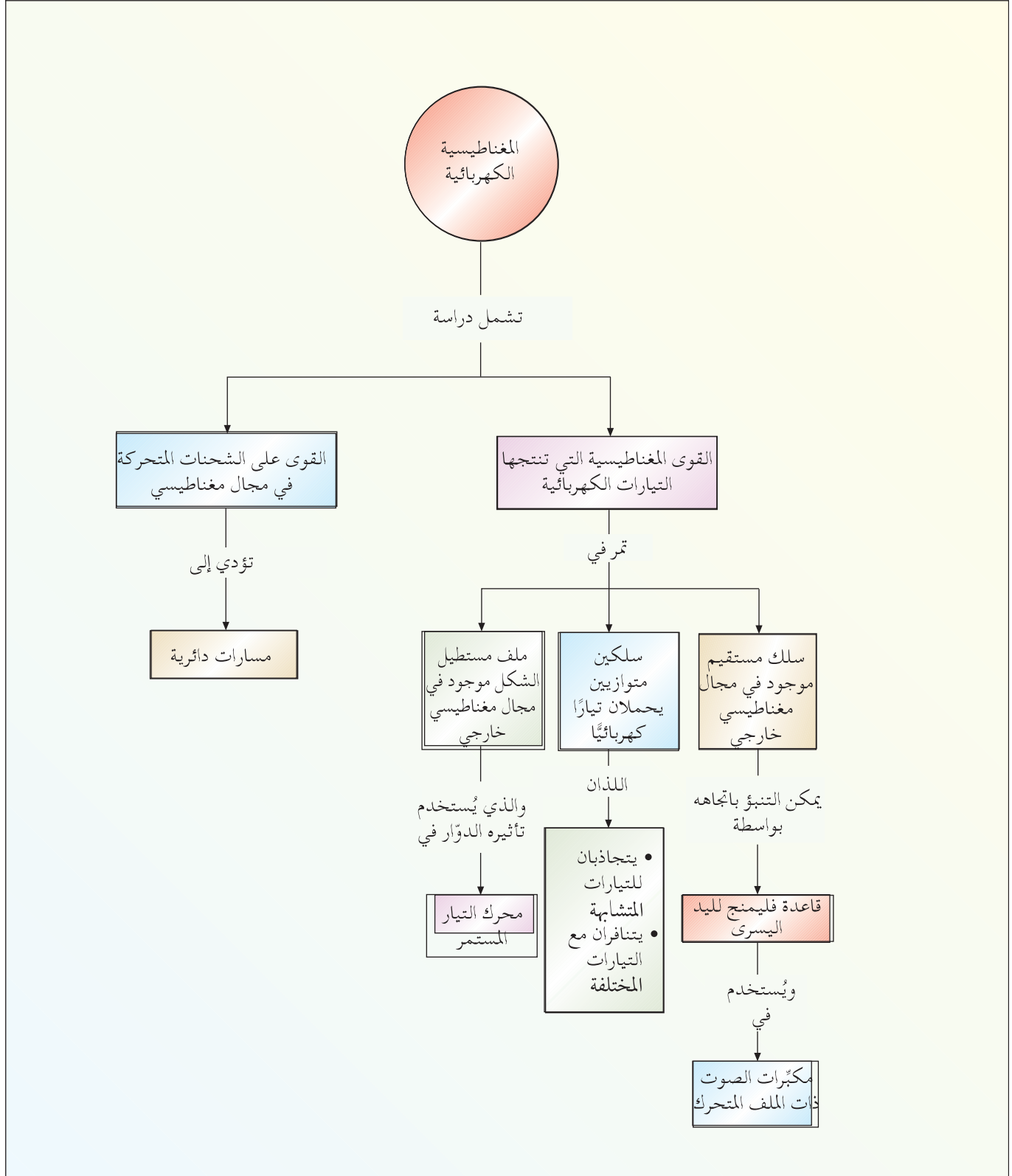
- ارسم مسار شعاع إلكترونات يدخل المجالات المغناطيسية في شكلي 6-11، 6-12.
- ماذا تعتقد أن يكون تأثير المجال المغناطيسي على شحنة كهربائية ثابتة؟

نشاط على شبكة المعلومات الدولية

لاحظ حركة الجسيمات المشحونة في مجال مغناطيسي على الموقع:

<http://www.lightlink.com/sergey/java/java/partmagn/index.html>.

حاول التنبؤ بحركة الجسيمات المشحونة كهربائياً.



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

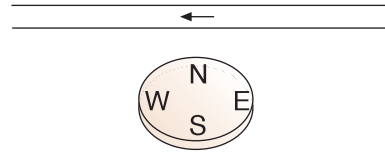
ما وظيفة كل جزء؟

ماذا سيحدث إذا فُقد كل جزء؟

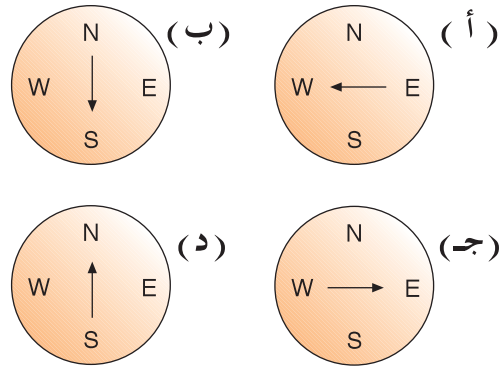
الاستنتاج:

الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

- 1- يبين الرسم التالي سلكاً مستقيماً يحمل تياراً في اتجاه السهم المرسوم. ووضعت بوصلة تخطيط المجال تحت السلك مباشرة.



أي مما يلي يوضح الاتجاه الصحيح لإبرة البوصلة؟

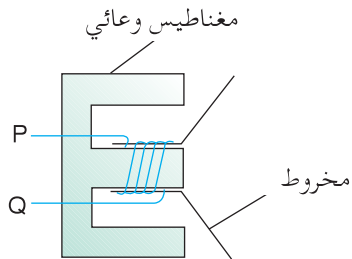


- 3- في محرك التيار المستمر، يضمن عاكس التيار الحلقي المشقوق أن:
- (أ) اتجاه التيار في الملف، ينعكس بعد كل نصف دورة.
- (ب) سريان التيار في الملف يكون ثابتاً.
- (ج) التيار في الملف يشكل زاوية قائمة مع المجال المغناطيسي.
- (د) الأسلاك التي تحمل التيار في الملف لا تتشابك.

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

- (أ) تقليل القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف.
- (ب) تمكن الملف من الدوران في اتجاه واحد.
- (ج) زيادة القوة التي تعمل على الملف.
- (د) تقليل كفاءة المحرك.

5- يبين الرسم مكبر صوت ذا ملف متحرك.

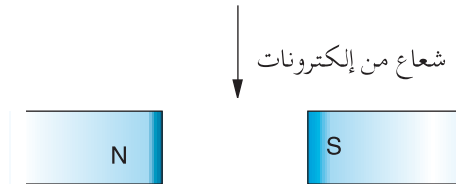


ماذا يحدث عندما تُغذى الأسلاك P، Q بتيار متغير؟

- (أ) تُحث قوة دافعة كهربائية تجعل المخروط يهتز.
- (ب) يكتسب الملف مغناطيسية ولذلك يجذب، وينفر المخروط بالتناوب.
- (ج) توجد قوة أفقية متغيرة على الملف تجعله والمخروط يهتز.
- (د) يُولد الملف صوتاً عالياً استجابة للتيار المتغير.

2- يبين الشكل التالي شعاعاً من إلكترونات يدخل مجالاً مغناطيسياً ناشئاً عن قطبين مغناطيسيين. ما المسار التالي للإلكترونات في المجال المغناطيسي؟

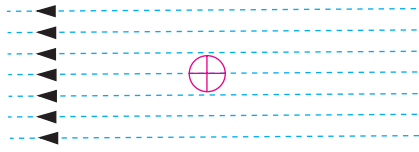
- (أ) مسار قطع مكافئ نحو S.
- (ب) مسار دائري نحو N.
- (ج) مسار دائري في الاتجاه إلى داخل الورقة.
- (د) مسار مستقيم لأسفل.



الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

- 1- (أ) صف مع الرسم المناسب نمط المجال المغناطيسي نتيجة مرور تيارات في (1) سلك مستقيم طويل، (2) ملف لولبي.

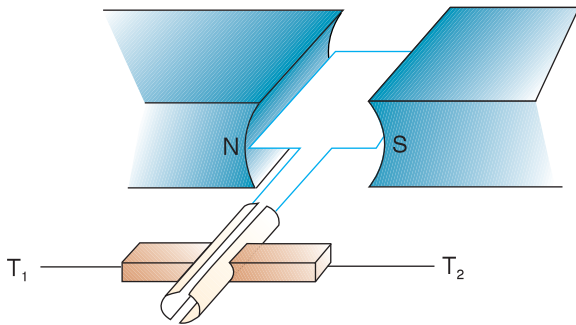
يبين الرسم منظرًا أماميًا لسلك نحاسي يمر بطوله تيار كهربائي إلى داخل الورقة. ويوضع السلك متعامدًا على الورقة، ويشكل زاوية قائمة مع مجال مغناطيسي منتظم في الاتجاه الذي تبينه الأسهم على خطوط المجال.



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.

يمثل الشكل محركًا بسيطًا للتيار المستمر له طرفين للمدخلات T_1 ، T_2 .



لكي يعمل المحرك، يجب وصله بمنبع قدرة.

(أ) أكمل الرسم لتبين دائرة كهربائية تشمل:

- (1) منبع قدرة ذا جهد ثابت.
- (2) أميتر لقياس تيار المحرك.
- (3) مفتاحًا.
- (4) ريوستات موضوع بحيث يمكن تغيير التيار.

(ب) حدد الطرف الموجب في 1، 2.

(ج) بالرجوع إلى رسمك، اشرح بعناية وضع

الريوستات الذي يؤدي إلى أصغر قيمة

ممكنة لتيار المحرك المبدئي.

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

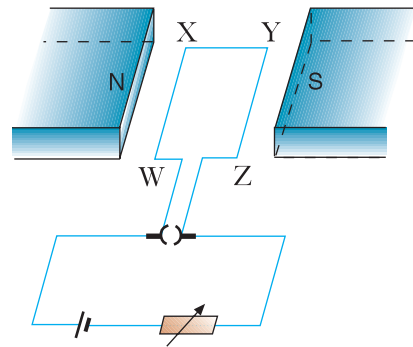
2- صف تطبيقات التأثير المغناطيسي لتيار كهربائي في:

(أ) جرس كهربائي.

(ب) مرّحل.

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 حلقي مشقوق.

(2) فرشاة 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 مكبر الصوت ذي الملف المتحرك. لماذا يكون المخروط ضروريًا؟ ناقش تأثير وضع مكبر الصوت في فراغ.

Electromagnetic Effects التأثيرات الكهرومغناطيسية

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 كهربية في دائرة.
 - (2) تعارض اتجاه القوة الدافعة الكهربية المستحثة مع التغير المنتج لها.
 - (3) العوامل التي تؤثر على مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة.
 - تصف شكلاً بسيطاً لمولد كهربي ذي تيار متردد (ملف دوّار أو مغناطيس دوّار)، واستخدام حلقات الانزلاق (حيث الحاجة).
 - ترسم العلاقة البيانية لخرج الجهد الكهربي مقابل الزمن لمولد كهربي بسيط لتيار متردد.
 - تصف تركيب ومبدأ تشغيل محوّل بسيط قلبه من الحديد، كما يستخدم في تحويلات شدة الجهد.
 - تتذكر المعادلات $V_p/V_s = N_p/N_s$ ، $V_p I_p = V_s I_s$ (للمحوّل النموذجي).
 - تطبق العلاقات بين $V_p, V_s, N_p, N_s, I_p, I_s$ على مواقف جديدة أو لحل مشكلات ذات صلة.
 - تصف فقد القدرة في الموصلات، وتستنبت مميزات نقل الجهد العالي.



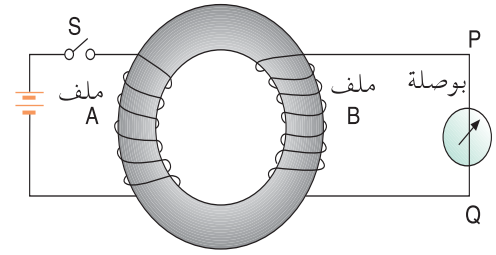
كان يُعتَقَد في الماضي أن الكهرباء والمغناطيسية مجالان علميان مختلفان تماماً. وأوضح عالم الفيزياء الدنماركي هانز كريستيان أورستيد في تجربة بسيطة منذ حوالي 170 عام أن الكهرباء والمغناطيسية مرتبطتان في الحقيقة تماماً، ويمكن لأحدهما إنتاج الآخر، وبذلك ظهر إلى الوجود مصطلح الكهرومغناطيسية. سترى في هذه الوحدة أنه يمكن أن يكون للتيار الكهربي الخواص المغناطيسية للمغناطيس. لقد رأينا في الوحدة الخامسة تطبيقاً للكهرومغناطيسية في المغناطيس الكهربي. وسندرس تطبيقين آخرين للكهرومغناطيسية – مولد التيار المتردد، والمحوّل الكهربي.

أجرى في عام 1831 البريطاني ميشيل فاراداي تجربتين بيّنتا كيفية الحصول على الكهرباء من المغناطيسية. لقد أوضح أن المجال المغناطيسي المتغير يمكن أن يحث قوة دافعة كهربائية، تدفع تياراً مستحثاً 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 1-7). وتم توصيل طرفي الملف A بنصيدة ومفتاح S بحيث ينشئ التيار المار في الملف A مجالاً مغناطيسياً في حلقة الحديد المطاوع عند قفل المفتاح S. أما بالنسبة للملف B، فوضعت بوصلة تحت السلك PQ.



حلقة من الحديد

شكل 1-7 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 ثابتاً. 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 تياراً مستحثاً. 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 ثابتاً لا يتغير المجال المغناطيسي.

أدت تجربة الحلقة الحديدية إلى إنشاء محوّلات مفيدة جداً في نقل القدرة الكهربائية، وأيضاً في تنظيم الجهد للتشغيل الصحيح للأجهزة الكهربائية. وسيتناول الجزء 3-7 من هذه الوحدة مبدأ التشغيل التفصيلي للمحوّلات العصرية.

(2) تجربة الملف اللولبي لفاراداي

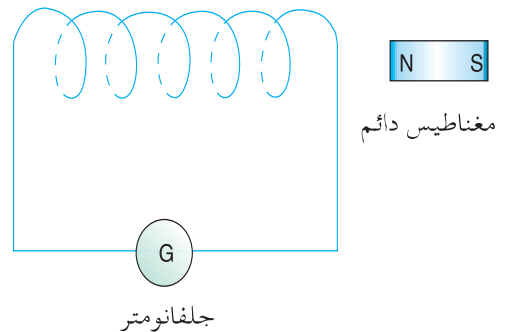
وضع فاراداي مغناطيساً دائماً داخل ملف لولبي متصل بجلفانوميتر حساس، ولاحظ أن إبرة الجلفانوميتر تنحرف في اتجاه واحد. وعندما سحب المغناطيس انحرفت إبرة المغناطيس في الاتجاه المعاكس. وجد أيضاً أن الحركة النسبية فقط بين الملف اللولبي والمغناطيس تستحث قوة دافعة كهربائية في الدائرة الكهربائية.

اكتشف فاراداي أن مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة يتوقف على:

- (أ) عدد اللفات في الملف اللولبي.
- (ب) قوة المغناطيس.
- (ج) السرعة التي يدخل بها المغناطيس، أو يُسحب بها من داخل الملف اللولبي.

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

ملف لولبي (ملف من السلك)



جلفانوميتر

شكل 2-7 تجربة الملف اللولبي لفاراداي

قوانين الكهرومغناطيسية قانون الحث الكهربي لفاراداي

تناسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الموصل الكهربي مع معدل تغير التدفق المغناطيسي الذي يربط الدائرة الكهربية.

قانون لينز

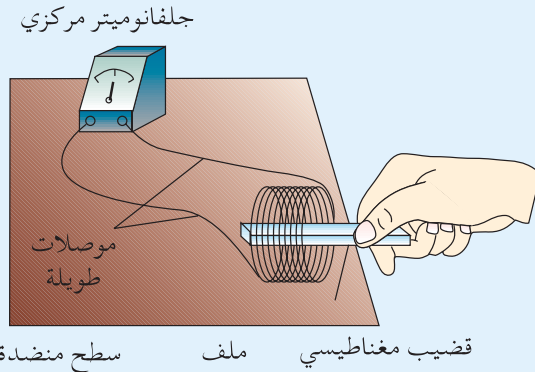
يكون دائماً اتجاه القوة الدافعة الكهربية المستحثة، ومن ثم التيار المستحث في دائرة كهربية مغلقة معاكساً للتغير في التدفق المغناطيسي المنتج له.

ولشرح هذين القانونين للكهرومغناطيسية شرحاً عملياً يمكن إجراء التجربة التالية في المعمل (المبينة في شكل 7 - 3).

تجربة 7 - 1



لبيان قانوني الكهرومغناطيسية عملياً.



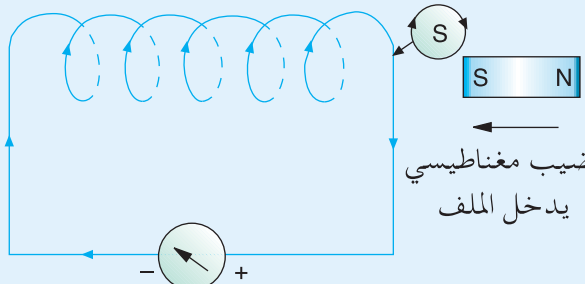
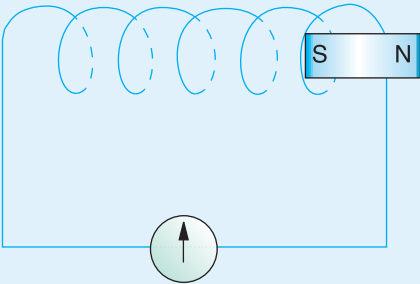
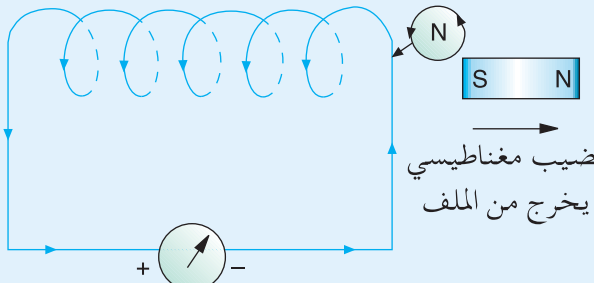
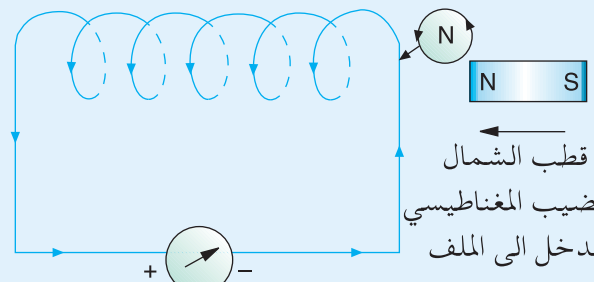
شكل 7 - 3 قوانين الكهرومغناطيسية

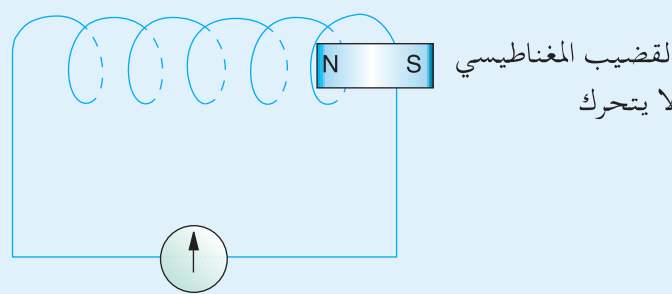
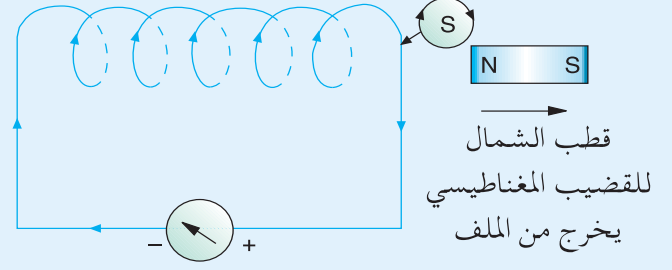
الأدوات: ملف سلك من النحاس حوالي 20 لفة، جلفانوميتر حساس صفره في المنتصف، قضيب مغناطيسي.

- 1- صل طرفي الملف بجلفانوميتر حساس صفره في المنتصف بواسطة وصلات كهربية 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 ثابتاً، 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 مستخدماً القطب الشمالي لنفس القضيب المغناطيسي.

ويُلخَص جدول 7-1 المشاهدات والاستنتاجات من التجربة 7-1.

جدول 7-1

الاستنتاج	المشاهدة
<p>1- بما أن الجلفانوميتر يبين انحرافاً نحو اليسار، فحتمًا يوجد تيار يسري عبر الدائرة الكهربائية.</p> <p>2- وجود ذلك التيار المستحث يعني أيضًا أنه يتم توليد قوة دافعة كهربائية مستحثة في الدائرة. تكون القوة الدافعة الكهربائية المستحثة مسؤولة عن دفع التيار المستحث حول الدائرة المغلقة. ويسري التيار المستحث على الجانب الأيمن للملف في اتجاه حركة عقارب الساعة.</p>	 <p>شكل 4-7 ينحرف المؤشر إلى اليسار</p>
<p>1- بما أن الجلفانوميتر لا يبين أي انحراف، فلا يوجد تيار مستحث يسري في الدائرة.</p>	 <p>شكل 5-7 المؤشر عند مركز الصفر</p>
<p>1- بما أن الجلفانوميتر يبين انحرافاً نحو اليمين، فحتمًا يوجد تيار يسري عبر الدائرة الكهربائية.</p> <p>2- إن اتجاه التيار المستحث في شكل 6-7 يكون عكس الذي في شكل 4-7 كما يبينه الانحراف في الاتجاه المضاد. يسري التيار المستحث على الجانب الأيمن للملف في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.</p>	 <p>شكل 6-7 ينحرف المؤشر إلى اليمين</p>
<p>1- يبين الجلفانوميتر انحرافاً تجاه اليمين مشيرًا إلى وجود تيار مستحث.</p> <p>2- يسري التيار المستحث على الجانب الأيمن للملف في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.</p>	 <p>شكل 7-7 ينحرف المؤشر إلى اليمين</p>

<p>1- لا يبين الجلفانوميتر أي انحراف، مما يدل على غياب أي تيار مستحث .</p>	 <p>شكل 7- 8 المؤشر عند الصفر المركزي</p>
<p>1- يبين الجلفانوميتر انحرافاً نحو اليسار، مما يدل على وجود تيار مستحث .</p> <p>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 .</p>	 <p>شكل 7- 9 ينحرف المؤشر إلى اليسار</p>

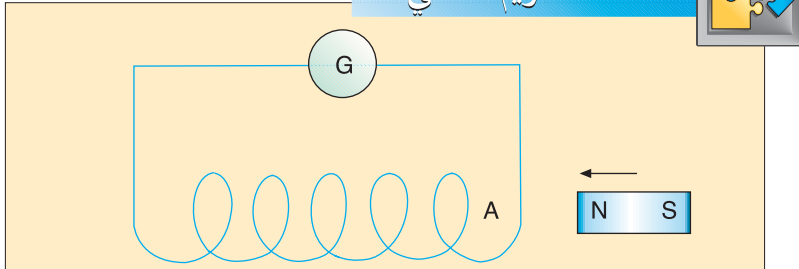
وبناءً على النتائج في جدول 7- 1، يمكننا التوصل إلى استنتاجين مهمين:

- 1- كلما وجدت حركة للمغناطيس بالنسبة للملف، تتولد قوة دافعة كهربائية مستحثة (ومن ثم تياراً مستحثاً 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 دائماً المجال المغناطيسي المنتج 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. ولعكس الزيادة في قوة المجال المغناطيسي، يتحرك التيار المستحث في اتجاه بحيث يخلق قطباً جنوبياً عند الجانب الأيمن للملف. ويتنافر قطب الجنوب على الجانب الأيمن للملف مع قطب الجنوب للمغناطيس المقرب منه. وبالمثل في شكل 7- 6، عندما يتحرك قطب الجنوب للمغناطيس بعيداً عن الجانب الأيمن للملف، يتناقص المجال المغناطيسي المؤثر على الملف. ولعكس النقص في قوة المجال المغناطيسي، يتحرك التيار المستحث في اتجاه بحيث يخلق قطباً شمالياً عند الجانب الأيمن للملف. ويجذب قطب الشمال عند الجانب الأيمن للملف قطب الجنوب للمغناطيس المتحرك بعيداً.

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 المتشابهة. 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 المختلفة التي تتحول مرة ثانية إلى طاقة كهربائية.

أسئلة التقويم الذاتي



يُدفع قضيب مغناطيسي تجاه أحد طرفي ملف لولبي كما هو مبين.

(أ) اشرح ما يحدث لإبرة الجلفانوميتر.

(ب) كيف يمكنك زيادة مقدار الانحراف في الجلفانوميتر؟

(ج) هل يسري التيار المستحث عند الطرف A في اتجاه حركة عقارب الساعة، أم في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة؟

2-7 مولدات التيار المتردد

Alternating Current Generators

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

المولد البسيط للتيار المتردد

يبين شكل 7-10 (أ) مولدًا 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 يحدث قوة دافعة كهربائية بين طرفيه. ولا يسري التيار المستحث ما لم يوصل طرفا الملف بدائرة خارجية ذات حمل كهربائي مثل مقاومة.

وتسمح حلقات الانزلاق بتحويل القوة الدافعة الكهربائية المترددة المستحثة في الملف الدوار إلى الدائرة الخارجية كما هو مبين في شكل 7-10 (ب). وتتصل كل حلقة بأحد طرفي سلك الملف، وتتصل كهربياً عن طريق فرشاة توصيل كهربائي من الكربون (تنزلق عليها) وباقي دائرة المولد. يبين شكل 7-11 منظرًا أماميًا للملف، يوضح مواقع الملف التي تناظر القوة الدافعة الكهربائية المستحثة.

قانون لينز هو نتيجة لقانون حفظ الطاقة.

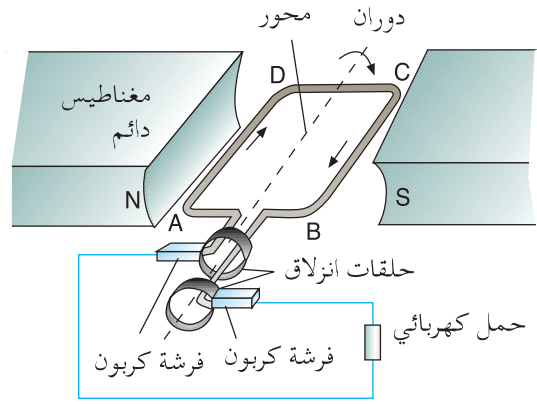
نشاط على شبكة المعلومات الدولية



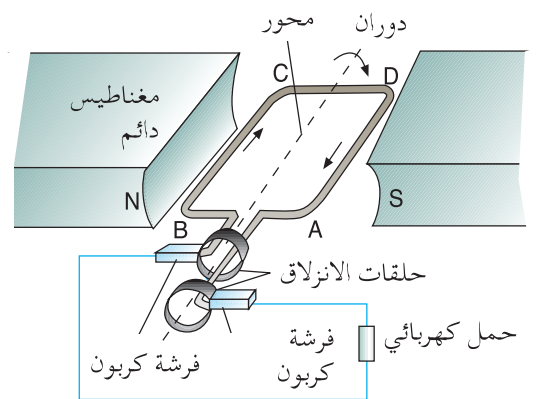
الحث الكهرومغناطيسي.
<<http://www.lightlink.com/sergey/java/java/indcur/index.html>>.

- 1- من دون ضبط الملف، راقب التيار في الأميتر.
- 2- قلل حجم الملف، وراقب مقدار وانحراف إبرة الأميتر.
- 3- زد مساحة الملف. ماذا تلاحظ في انحراف إبرة الأميتر؟
- 4- كيف يمكنك زيادة انحراف إبرة الأميتر؟

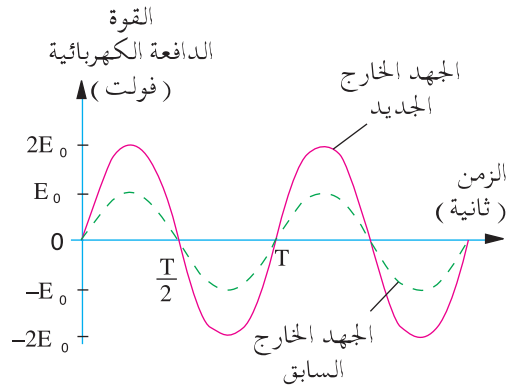
مولد التيار المتردد جهاز يستخدم مبدأ الحث الكهرومغناطيسي لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.



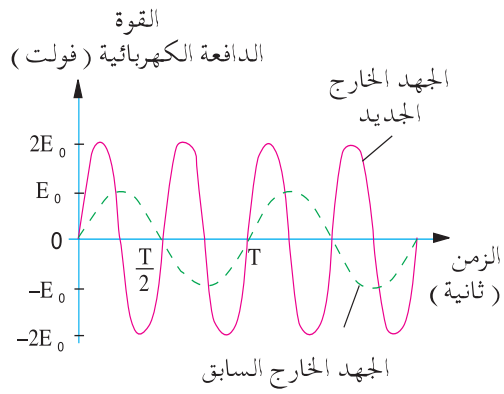
شكل 7-10 (أ) مولد بسيط للتيار المتردد



شكل 7-10 (ب) نفس المولد بعد نصف دورة



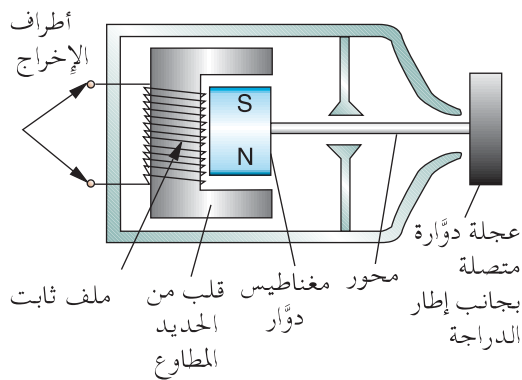
شكل 7 - 12 مضاعفة عدد لفات الملف تضاعف أقصى جهد خارج (نظرياً)



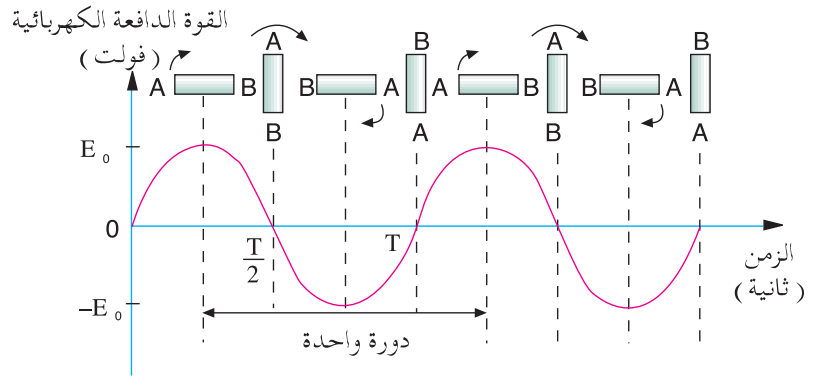
شكل 7 - 13 مضاعفة التردد (f) يضاعف أقصى جهد خارج (نظرياً)

يزداد الجهد المتردد لمولد تيار متردد مع زيادة:

- عدد لفات الملف.
- تردد الدوران.
- قوة المجال المغناطيسي.



شكل 7 - 14 مولد كهربائي لدراجة



شكل 7 - 11 مواقع الملف بالنسبة للقوة الدافعة الكهربائية المستحثة

تبلغ القوة الدافعة الكهربائية المستحثة أقصاها (E_0) عندما يكون مستوى الملف موازياً لخطوط القوة المغناطيسية لأن الأجناب AD ، BC تقطع المجال المغناطيسي بأقصى معدل.

وتبلغ القوة الدافعة الكهربائية المستحثة صفراً عندما يكون مستوى الملف متعامداً مع خطوط القوة المغناطيسية لأن الأجناب AD ، BC تتحرك موازية للمجال المغناطيسي، وعليه لا تقطع خطوط المجال المغناطيسي. ويرتبط تردد f الدوران مع فترته الزمنية T بالمعادلة:

$$f = \frac{1}{T}$$

وإذا ضاعفنا عدد لفات الملف دون تغيير تردد دوران الملف، يتخذ الجهد الخارج V الشكل الموجي التالي (شكل 7 - 12).

وإذا ضاعفنا تردد دوران الملف دون تغيير عدد لفات الملف، تتضاعف كذلك قيمة أقصى جهد خارج كما في شكل 7 - 13. لاحظ أن مضاعفة التردد

f تعني خفض الفترة الزمنية T إلى النصف (لأن $T = \frac{1}{f}$).

وبالإضافة لزيادة تردد دوران الملف وعدد اللفات على الملف، يمكن أيضاً 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.

مولدات أخرى للتيار المتردد

لتوليد تيارات كبيرة (كما في أحد التوربينات بمحطات توليد الطاقة الكهربائية)، يكون من المفيد عملياً ترك الملف ثابتاً، وإدارة المجال المغناطيسي (لمغناطيس كهربائي) حول الملف. وبهذه الطريقة بدلاً 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 وفرشاة الكربون غير القادرة على حمل تيارات كبيرة إلى داخل وخارج الملف. وبالإضافة إلى التوربين، يستخدم أيضاً مولد كهربائي لدراجة طريقة تدوير مغناطيس لإنتاج قوة دافعة كهربائية مستحثة (شكل 7 - 14).

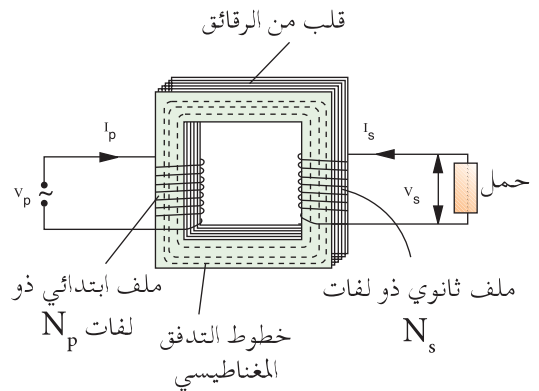


مولد التيار المتردد

<<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/generatorengl.htm>>.

- 1- اضبط الدوران على 6 دورات في الدقيقة. لاحظ شكل الرسم البياني.
- 2- غير تردد الدوران إلى 3 دورات في الدقيقة. ماذا تلاحظ في الرسم البياني؟
- 3- زد تردد الدوران إلى 12 دورة في الدقيقة. هل تستطيع التنبؤ بشكل الرسم البياني؟

اخوّل الكهربائي جهاز يغير جهداً كهربياً متردداً عاليًا عند تيار منخفض إلى جهد كهربائي متردد منخفض عند تيار عالٍ والعكس .



شكل 7 - 15 محوّل ذو قلب مُقفل



انظر داخل محوّل كهربائي واقراً عن كيفية عمله من الموقع:

<<http://www.howstuffworks.com/inside.transformer.htm>>.

أسئلة التقويم الذاتي



حدّد المكونات في مولّد بسيط لتيار متردد، المسئولة عن ضمان كون الجهد الكهربائي الخارج في الدائرة الخارجية جهداً متردداً، ثم ارسم العلاقة البيانية للجهد الكهربائي مقابل الزمن.

3-7 المحوّلات الكهربائية

Transformers

المحوّل 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 تشغيلاً سليماً.

تركيب المحوّل الكهربائي ذي القلب المغلق

يتكوّن أساساً 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 رقائق (أنظر شكل 7 - 15).

مبدأ التشغيل

المحوّل 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 مجالاً مغناطيسياً متغيراً يحدث قوة دافعة كهربائية في الملف الثانوي.

وتكون القوة الدافعة الكهربائية في المحوّل رافع الجهد الكهربائي أكبر في الملف الثانوي منها في الملف الابتدائي.

وتكون على العكس القوة الدافعة الكهربائية في المحوّل خافض الجهد الكهربائي أقل في الملف الثانوي منها في الملف الابتدائي. ويتضح أن:

حيث V_s تساوي الجهد الكهربائي الخارج من الملف

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 للمحوّل رافع

الجهد الكهربائي أن تكون عدد اللفات في الملف الثانوي N_s أكبر من عدد اللفات في الملف الابتدائي N_p . والعكس صحيح بالنسبة للمحوّل 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 المحوّل

بالنسبة لمحوّل نموذجي (أي يعمل بكفاءة 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.

$$I_p V_p = I_s V_s \quad \text{أي}$$

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 $I_p V_p = I_s V_s$ ، و $\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$ يمكن الحصول على المعادلة

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s}$$

ومن المعادلة، $\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s}$ نرى بالنسبة للمحوّل رافع الجهد الكهربائي أن

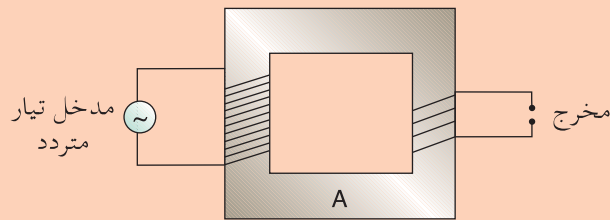
الجهد الكهربائي الخارج من الملف الثانوي V_s أكبر من الجهد الكهربائي الداخل إلى الملف

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 $\frac{N_s}{N_p}$. ولا يوجد فقد أو كسب للقدرة في حالة المحوّل النموذجي.

مثال محلّول 7 - 1

يبين شكل 7 - 16 محوّلًا كهربائيًا بسيطًا.



شكل 7 - 16

(أ) حدّد 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 المحوّل لإنتاج جهد لنموذج قطار 12 V يسحب تيارًا 0.8 A. احسب التيار في الملف الابتدائي إذا كان الجهد الكهربائي لمنع التيار المتردد 240 V.

الحل:

(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، $V_p = 240 \text{ V}$

قيمة الجهد الكهربائي في الملف الثانوي، $V_s = 12 \text{ V}$

التيار في الملف الثانوي، $I_s = 0.8 \text{ A}$

لنفترض أن التيار المطلوب في الملف الابتدائي هو I_p .

وبقانون حفظ الطاقة،

القدرة الداخلة إلى الملف الابتدائي تساوي القدرة الخارجة من الملف الثانوي

$$I_p V_p = I_s V_s$$

$$I_p = \frac{V_s}{V_p} I_s \text{ ولهذا}$$

$$= \frac{12}{240} (0.8)$$

$$= 0.04 \text{ A}$$

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) في المحوّل 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 للمحوّلات الكهربائية.

نقل القدرة الكهربائية

إن إحدى مشاكل نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية من محطة القدرة إلى أحمال

الاستهلاك (منازل ومصانع) هي فقد القدرة كحرارة جول (PR) في موصلات

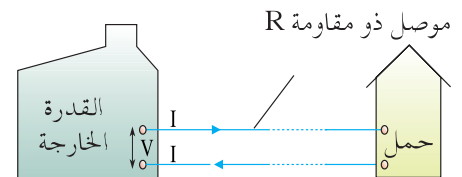
الشبكة. ويجب تقليل ذلك الفاقد إلى أدنى حد من أجل الكفاية والاقتصاد.

تُستخدم كأحد الحلول موصلات سميكة جداً 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.



وحل آخر يكون بتقليل التيار I المحوّل . ويتم ذلك باستخدام محوّلات 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:

$$P_{loss} = I^2 R$$

$$= \left(\frac{P_{out}}{V} \right)^2 R$$

يُستخدم جهد عالي في نقل القدرة الكهربائية لتقليل فاقد القدرة.

وعليه كلما كانت قيمة الجهد V أكبر، كلما كان فقد القدرة أقل . ولذلك يمكن نقل القدرة الكهربائية بشكل أفضل اقتصادياً في حالة الجهد العالي والتيار المنخفض . ولا يُستخدم 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 اقتصاداً، وضع جميع العوامل مثل مقاومة الموصل، وشدة جهد النقل، وتكلفة العزل في الاعتبار .

نشاط على شبكة المعلومات الدولية



اقرأ عن شبكة القدرة ونظام نقل القدرة الكهربائية على الموقع:
<<http://www.howstuffworks.com/power.htm>>.

مثال محلول 7 - 2

محطة قدرة لتوليد الكهرباء تعطي قدرة إخراجية 100 kW عند 20 000 V وُصِّلت عن طريق موصلات بمصنع ما . فإذا كانت مقاومة الموصلات 5Ω ، احسب:
(أ) التيار الساري في الموصلات .
(ب) فقد القدرة في الموصلات، ثم برره .

الحل:

المعطيات: القدرة المخرجة، $P_{out} = 100 \times 10^3 \text{ W}$
الجهد الخارج، $V = 20\,000 \text{ V}$
مقاومة الموصلات، $R = 5 \Omega$

(أ) بما أن $P_{out} = IV$ حيث I التيار في الموصلات

$$\begin{aligned} \therefore I &= \frac{P_{out}}{V} \\ &= \frac{100 \times 10^3}{20000} \\ &= 5 \text{ A} \end{aligned}$$

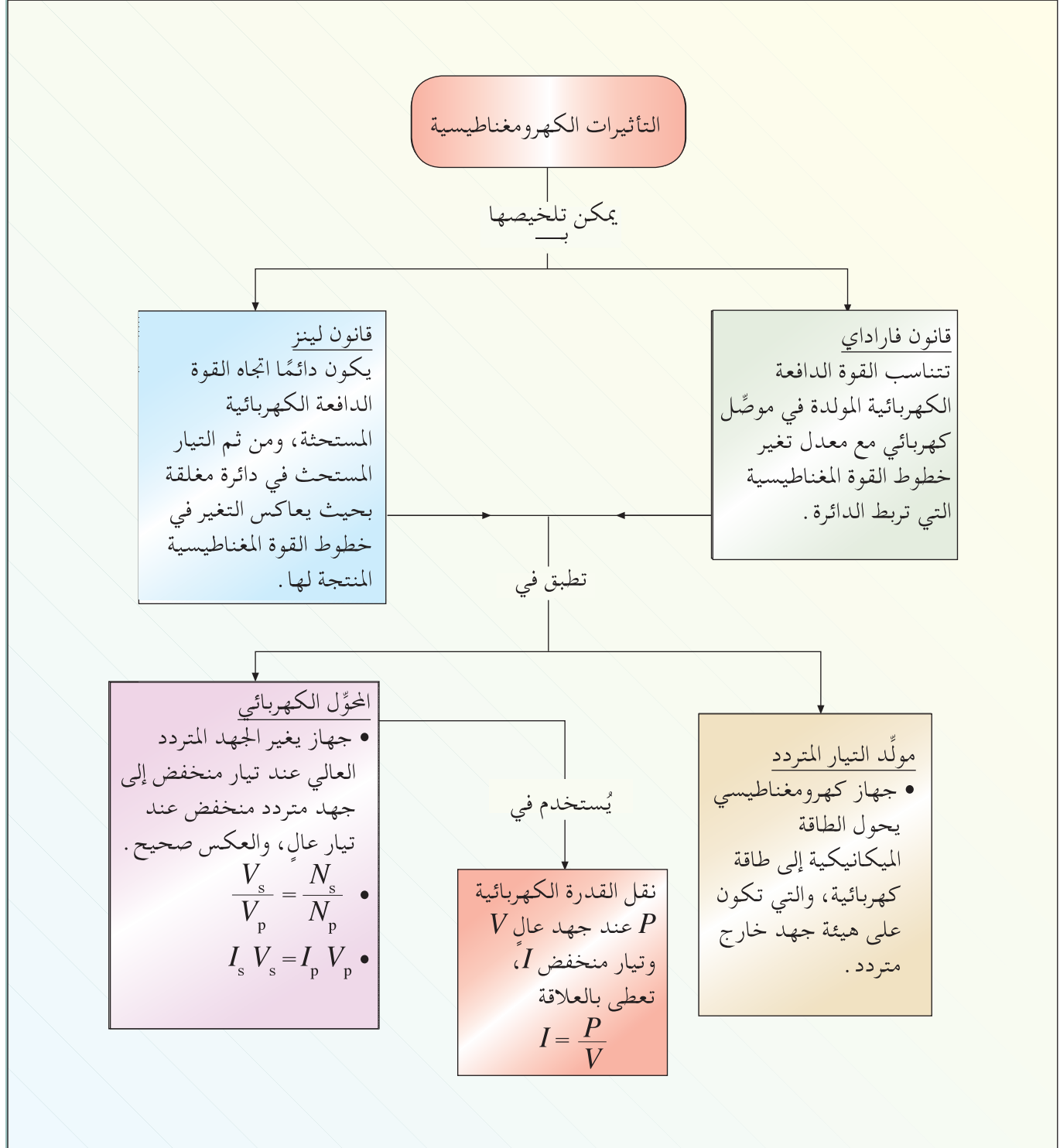
(ب) فقد القدرة في الموصلات، $P_{loss} = I^2 R$
 $= (5)^2(5)$
 $= 125 \text{ W}$

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 .



درست في هذه الوحدة مولد التيار المتردد البسيط ومولد كهربائي الدراجة، وكلاهما أجهزة تولد الكهرباء. نقارن الآن الجهازين بالتركيز على التشابهات والفرق بينهما.

مقارنة مولد التيار المتردد البسيط، ومولد كهربائي لدراجة

الغرض: لتحديد طريقة توليد الكهرباء الأكثر ملاءمة لإنتاج تيارات كبيرة.

كيف يتشابهان؟

العوامل

-1
-2

-1
-2

كيف يختلفان؟

العوامل

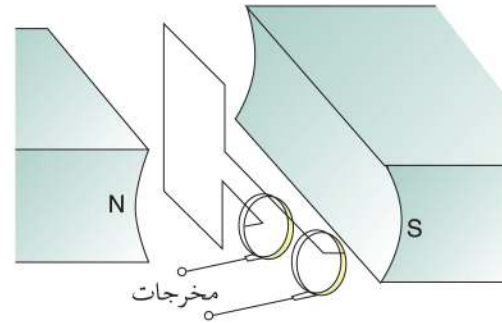
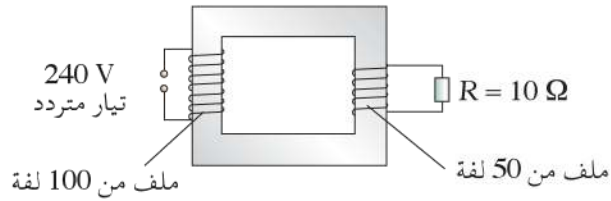
-1

-1

الاستنتاج:

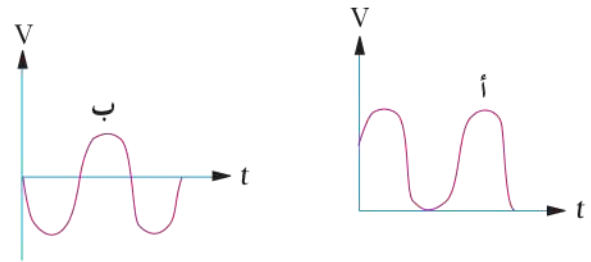
الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

- 1- أي من الإجراءات التالية لا تولد قوة دافعة كهربية؟
 (أ) الإمساك بمغناطيس ثابت داخل ملف .
 (ب) تدوير ملف في مجال مغناطيسي .
 (ج) تدوير مغناطيس حول ملف ثابت .
 (د) تحريك قضيب مغناطيسي عبر قطعة فلز مسطحة .
- 2- أي مما يلي لا يؤثر على مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة في الحث الكهرومغناطيسي؟
 (أ) قوة المجال المغناطيسي المرتبط بالملف .
 (ب) مقاومة الملف الذي يقطع المجال المغناطيسي .
 (ج) السرعة التي يقطع بها الملف المجال المغناطيسي .
 (د) عدد اللفات في الملف .
- 3- لماذا يُستخدم الحديد المطاوع في قلب المحوّل الكهربائي؟
 (أ) له مقاومة كهربائية منخفضة .
 (ب) يوصل التيار المستحث بشكل جيد .
 (ج) لن ينصهر بسهولة عندما يكون التيار المستحث أكبر من اللازم .
 (د) يضمن رابطة تدفق مغناطيسية أفضل بين الملفين .
- 4- يبين الرسم محورًا نموذجيًا يتصل بمنبع تيار متردد 240 V . ويتكون الملف الابتدائي من 100 لفة، بينما يتكون الملف الثانوي من 50 لفة . ويتصل الخرج بحمل ذي مقاومة 10Ω .



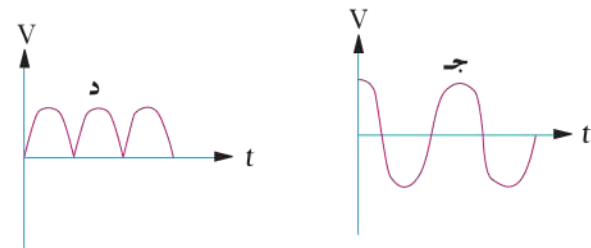
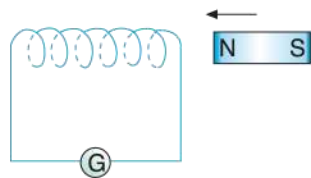
- ما التيار الذي يمر خلال الحمل؟
 (أ) 12 A .
 (ب) 24 A .
 (ج) 48 A .
 (د) 120 A .

يبين الرسم ملف مولد ذا حلقات انزلاق . أي من العلاقات البيانية التالية تعكس الجهد الخارج مقابل الزمن عند بدء الملف في الدوران من الموضع المبين بالرسم؟



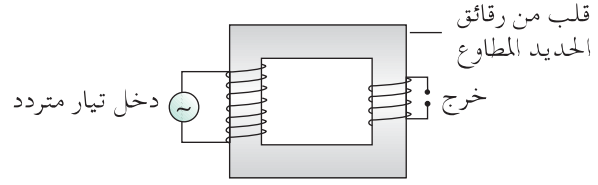
- الجزء الثاني الأسئلة التركيبية
- 1- (أ) ماذا يُقصد بمصطلح الحث الكهرومغناطيسي؟
 (ب) حدد العوامل التي تؤثر على مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة .

- 2- حدّد ما يشاهد في الجلفانوميتر G عند:
 (أ) تحرك المغناطيس نحو الجلفانوميتر في اتجاه السهم المرسوم .
 (ب) جذب المغناطيس بعيدًا عن الملف اللولبي .
 (ج) زيادة عدد اللفات في الملف .



- 3- (أ) اذكر قاعدة لينز عن الحث الكهرومغناطيسي .
 (ب) كيف ينطبق حفظ الطاقة على الحث الكهرومغناطيسي؟

- 4- (أ) مع الرسم والبيانات، صف شكلاً بسيطاً لمولد تيار متردد باستخدام حلقات الانزلاق.
(ب) ارسم العلاقة البيانية لخرج شدة الجهد مقابل الزمن لمولد تيار متردد بسيط.



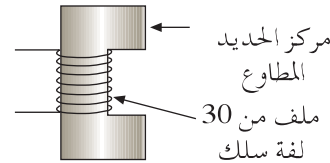
- (أ) يبين الشكل السابق تركيب محوّل كهربائي بسيط. اذكر مع بيان السبب:

- (1) الغرض من القلب المصنوع من رقائق الحديد المطاوع.
(2) ما إذا كان جهد الخرج أكبر أو أصغر من جهد الدخل.

(ب) يُستخدم هذا المحوّل للحصول على جهد لنموذج سيارة 6 V تسحب تياراً 0.4 A. احسب التيار في الملف الابتدائي إذا كانت قيمة جهد منبع التيار المتردد 240 V.

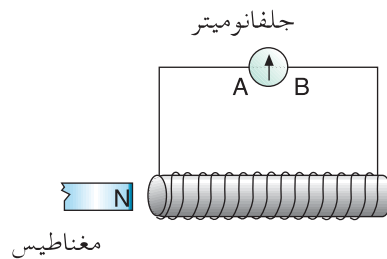
- 6- قائمة بالأدوات:

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 كهرومغناطيسيًا في ملف من السلك.

- 7- (أ)



يبيّن الرسم ملفًا لولبيًا متصلًا بجلفانوميتر. فسر ما يلي:

- (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) محوّل 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 المحوّلات بحيث تكون كفايتها قريبة من 100% قدر الإمكان. لماذا يتم ذلك؟
صف سمتين في تصميم المحوّل تساعدان على تحقيق كفاية عالية.

(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؟

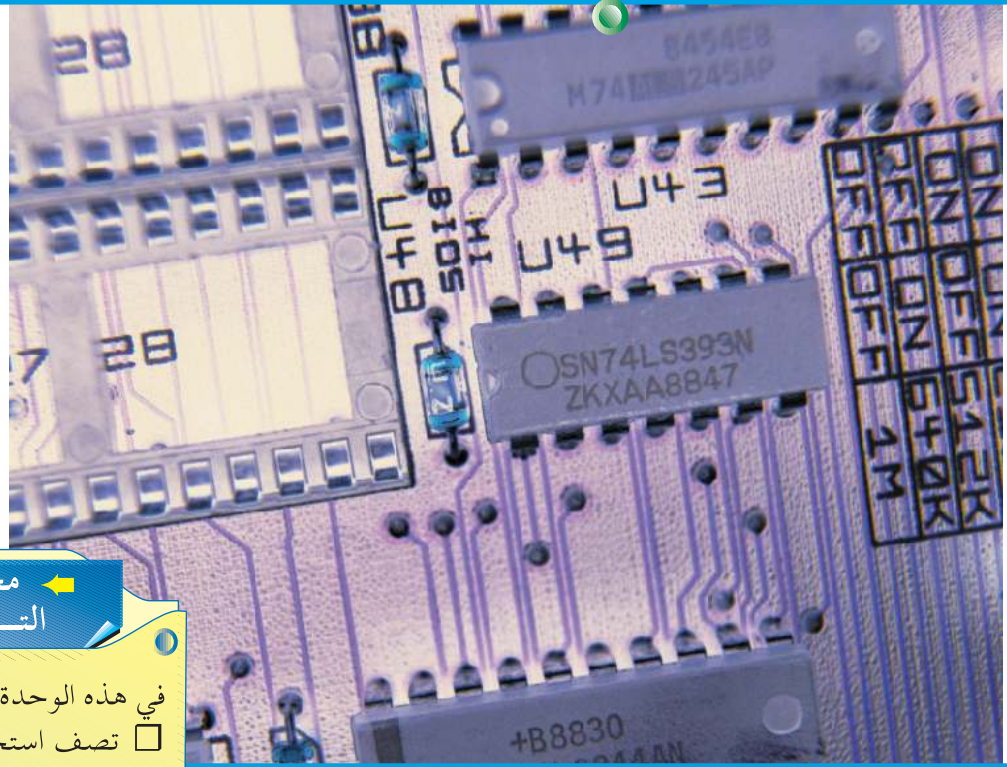
(ب) إذا توافرت نفس القدرة عند 250 V، لكان التيار خلال نفس الموصلات أكبر 20 مرة. احسب فقد القدرة في مثل هذه الظروف.
(ج) لماذا تُرسل القدرة بشكل أفضل عند جهود عالية عنه عند جهود منخفضة؟

10- شاحن كهربيائي لنضيدة يشتغل من منبع ابتدائي
رئيس 240 V يحتوي على محوّل كهربيائي يوفر
خرج 15 V .

(أ) عدد لفات الملف الابتدائي 6400 لفة .
احسب عدد لفات الملف الثانوي .
(ب) بافتراض أن نسبة كفاية المحوّل %100 ،
احسب التيار المار في الملف الابتدائي إذا كان
تيار الخرج للمحوّل 2 A .

9- (أ) صف تجربة لبيان الحث الكهرومغناطيسي .
اشرح العوامل التي تؤثر على مقدار واتجاه
القوة الدافعة الكهربية المستحثة .

(ب) صف باختصار كيف يفسر الحث
الكهرومغناطيسي عمل المحوّل الكهربيائي .



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 كمحولات 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 سابقاً (تستخدم 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 علي التحكم في سريان الإلكترونيات هي التي تجعلها مفيدة. سندرس أيضاً خواص شعاع الإلكترون.

وسندرس كذلك بعض المكونات الشائعة في الدائرة الكهربائية، واستخداماتها، وعملها.

أخيراً سندرس الوحدات البنائية الأساسية للحاسوب الحديث – البوابات المنطقية.

نشاط على شبكة المعلومات الدولية



مصدر تقانة معلومات جيد لمحاكاة إنشاء بوابة منطقية هو برنامج « Crocodile Clips » على الموقع:

<http://www.crocodile-clips.com>

يسمح لك البرنامج بإنشاء دوائر عديدة للبوابات المنطقية، ولحاكاة المخرجات.

1-8 الإلكترونيات 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 مفرغ مقفل بإحكام. تبين لهم انبعاث نوع من الأشعة من الكاثود أو الإلكترون 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 حتماً شحنة سالبة. وأطلق على تلك الشحنات السالبة اسم **الإلكترونات**.

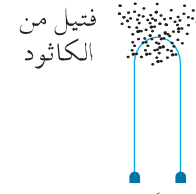
انبعثت الإلكترونات في هذه التجارب الريادية من كاثود ساخن، وهو في العادة فتيل رقيق يسخن حتى درجة حرارة عالية. وتنبعث الإلكترونات من الفتيل خلال عملية تسمى **الانبعاث الأيوني الحراري**.

الانبعاث الأيوني الحراري

تحتوي كل ذرة في أي فلز على قليل من الإلكترونات الخارجية المرتبطة بغير إحكام والتي تتحرك عشوائياً خلال المادة ككل. ونقول أحياناً أن تلك الإلكترونات « حرة » لأنها تستطيع التحرك بحرية خلال الفلز. والإلكترون الذي يتحرك إلى الخارج على السطح لا يستطيع الهرب لأنه مرتبط بقوة الجذب إلى نواة الذرة، ولكن عند تسخين فلز قد تكتسب بعض الإلكترونات طاقة كافية للهروب 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 1-8). 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.



كاثود يُسخن بشكل مباشر

شكل 1-8 الفتيل الرقيق لإنتاج إلكترونات

2-8 استقصاء خواص الإلكترونات

Investigating the Properties
of Electrons

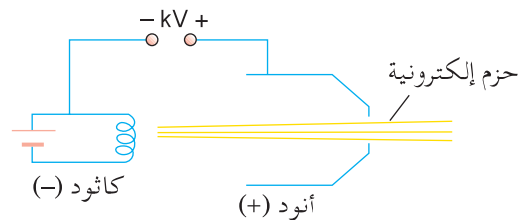
مدفع الإلكترونات

يستخدم مدفع الإلكترونات لاستقصاء خواص الحزم الإلكترونية. ويبين شكل 2-8 مدفع إلكترونات، يتكون من أنبوب زجاجي تحت ضغط منخفض جداً. وتنتج الإلكترونات بانبعاث أيوني حراري من فتيل تنجستين مُسخن باستخدام منبع قدرة 6 V . ويتصل جهد موجب عالي (عدة آلاف من الفولت) بأنود أسطواني (+). وتُسرع الإلكترونات حتى تصل لسرعة عالية وتنطلق مستقيمة خلال ثقب الأنود في حزمة دقيقة من الإلكترونات. ونشير أحياناً إلى الحزم الإلكترونية على أنها **أشعة كاثود**، لأنها تُنتج من الكاثود أو الإلكترون السالب (-).

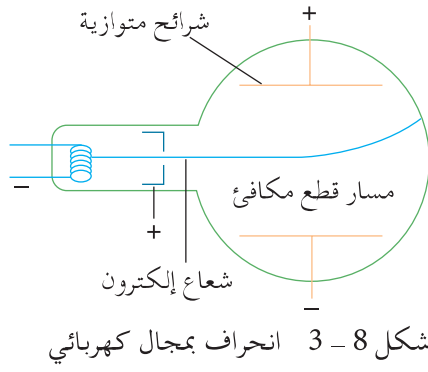
الانحراف بمجال كهربائي

يمكن تكوين مجال كهربائي بتسليط فرق جهد عبر شريحتين فلزيتين متوازيتين موضوعتان في وضع أفقي على بعد ما.

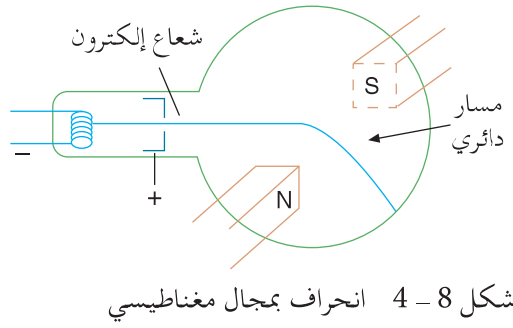
- ينتج مدفع الإلكترونات مجموعة من الإلكترونات والتي تسمى أحياناً أشعة كاثود لأنها تنبعث من الكاثود.
- تنحرف الإلكترونات بواسطة المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي.



شكل 2-8 مدفع الإلكترونات



شكل 3 - 8 انحراف بمجال كهربائي



شكل 4 - 8 انحراف بمجال مغناطيسي

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 دليلاً قوياً على أن أشعة الكاثود هي في الحقيقة إلكترونات سالبة الشحنة.

أنبوب شعاع الكاثود-راسم الذبذبات الكاثودي

3-8

Cathode-Ray Tube - The Cathode-Ray Oscilloscope (C.R.O.)

لقد أصبحت أنابيب شعاع الكاثود جزءاً 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.

مدفع الإلكترونات

هو أساساً 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. فيُسرع الأنود في حالة الجهد الموجب للإلكترونات، فتتركز في شعاع دقيق أثناء مرورها خلال الأنود.

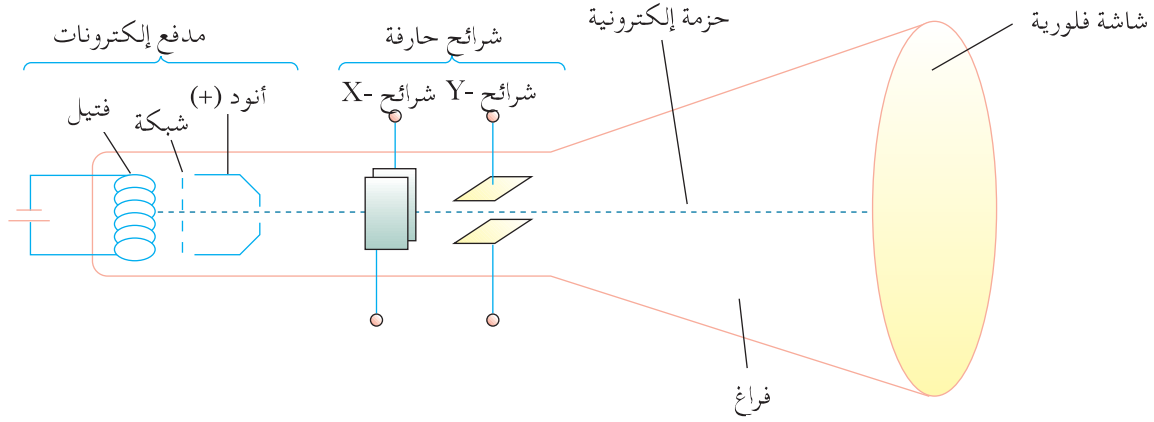
الشرائح الحارفة

يُنَبِّتُ زوجان من الشرائح في راسم الذبذبات الكاثودي. ويمكن تسليط فرق في الجهد على تلك الشرائح لتنحرف الحزمة الإلكترونية. وستسبب الشريحتان Y انحرافاً في الاتجاه الرأسي عند تسليط فرق في الجهد عبرهما. ومن الناحية الأخرى، ستجعل الشريحتان X الحزمة الإلكترونية تنحرف في الاتجاه الأفقي إذا سُلط فرق في الجهد عبرهما.

تتألف المكونات الأساسية لراسم الذبذبات الكاثودي من مدفع الإلكترونات والألواح الحارفة X، Y وشاشة فلورية.

شاشة الفلورية

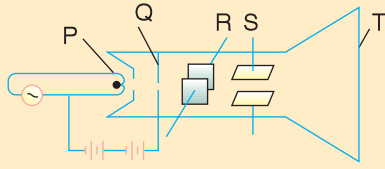
توضع طبقة من ملح فلورية مثل كبريتيد الزنك على الشاشة، وعند اصطدام الإلكترون بالشاشة فإنه يتسبب في إنتاج الملح لوميض من الضوء، ومن ثم نقطة ساطعة على الشاشة.



شكل 5 - 8 راسم ذبذبات كاثودي

أسئلة التقويم الذاتي

اذكر اسم، وحدد غرض مكونات راسم الذبذبات الكاثودي المشار إليها بالرموز P, Q, R, S, T في شكل 6 - 8.



شكل 6 - 8

4-8 استخدام راسم الذبذبات الكاثودي

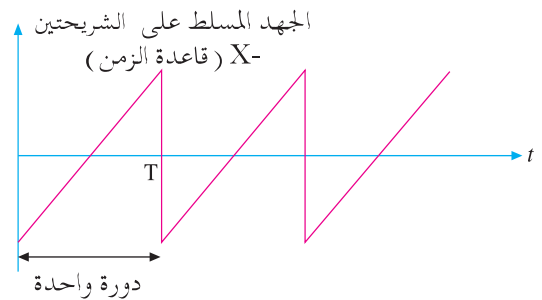
Using the C.R.O.

قبل استخدام راسم الذبذبات الكاثودي، يجب فهم استخدام القاعدة الزمنية.

القاعدة الزمنية

عند تشغيل القاعدة الزمنية، فنحن في الواقع نسلط جهد سن منشار على الشريحتين X- (شكل 7 - 8).

والهدف من جهد سن المنشار هو جعل الحزمة الإلكترونية تمسح الشاشة بسرعة ثابتة. وستندفع الحزمة الإلكترونية في كل دورة من أقصى يسار الشاشة إلى أقصى يمينها. وعليه وبمعرفة الفترة الزمنية لكل دورة T يمكننا معرفة سرعة مسح الحزمة للشاشة. ولهذا فالقاعدة الزمنية هي مقياس الزمن لراسم الذبذبات الكاثودي.



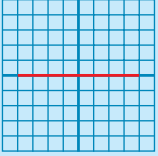
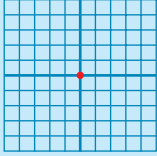
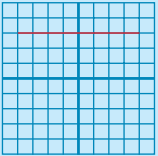
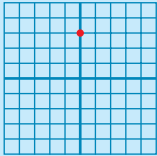
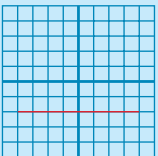
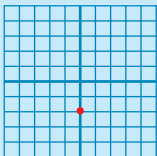
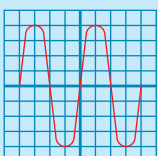
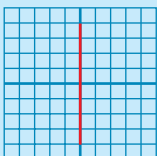
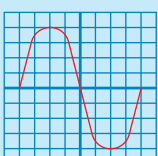
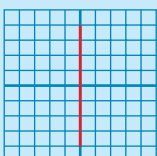
شكل 7 - 8 جهد القاعدة الزمنية مسلط على الشريحتين X-

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 8-8 انحراف الحزمة نتيجة جهود عديدة للتيار المستمر والتيار المتردد في حالة عدم تشغيل القاعدة الزمنية، ثم تشغيلها في الحالة الثانية.

شكل 8-8 راسم الذبذبات الكاثودي كفولتметр

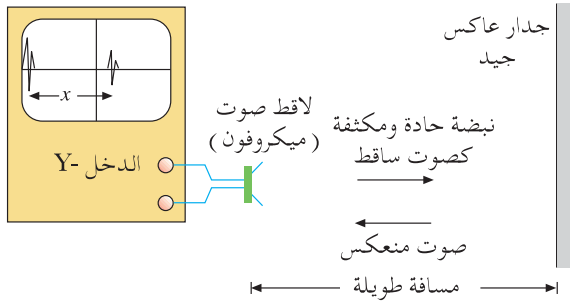
القاعدة الزمنية تعمل	القاعدة الزمنية لا تعمل	اكتساب	الدخل عند الشريحة Y-
			لا توجد مدخلات
		$0.5 V$ لكل قسم	عمود كهربائي $1.5 V$
		$1 V$ لكل قسم	عمود كهربائي معكوس $-2V$
		$5 V$ لكل قسم	$50 Hz$ تيار متردد أعلى جهد يساوي $20V$
		$5 V$ لكل قسم	$25 Hz$ تيار متردد أعلى جهد يساوي $20V$

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 - 8). 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 وذهاباً لمسافة قصيرة. ويمكن بتحديد الزمن المستغرق وقياس المسافة المقطوعة معرفة سرعة الصوت، ويبين شكل 8 - 9 جهاز تجربة لقياس سرعة الصوت. فمتحدث / لاقط صوت (ميكروفون) يصدر نبضة الصوت، ويظهر ذلك كنبضة أولى على راسم الذبذبات الكاثودي، فتردد النبضة من الجدار ويتلقاها لاقط الصوت (الميكروفون) فيعرضها راسم الذبذبات كنبضة ثانية.



شكل 8 - 9 راسم الذبذبات الكاثودي كميقتاتي

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.

5-8 مكونات الدائرة الكهربائية

Circuit Components

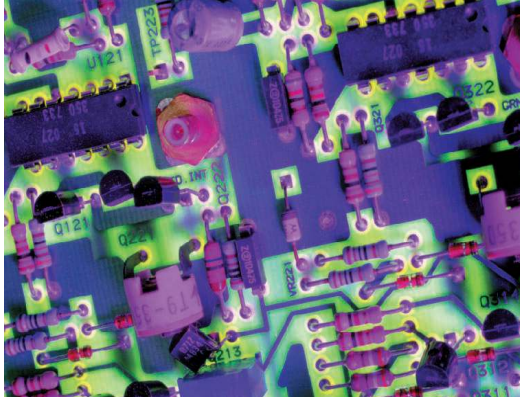
سندرس في هذا الجزء بعض المكونات الأساسية الموجودة في الدوائر الكهربائية في الإذاعة المرئية، والمذياع، والحاسوب، وأجهزة إلكترونية أخرى كثيرة. ويبين شكل 8 - 10 لوحة لدائرة كهربائية من جهاز مذياع، ونرى بوضوح المقاومات والمكثفات في الدائرة. وسنبدأ في دراستنا بالجهاز الأكثر شيوعاً: المقاومة.

المقاومة

المقاومة جهاز يُستخدم للتحكم في كمية التيار المار عبر الدائرة. ولقد سبق تقديم المقاومة لك في الوحدة الأولى.

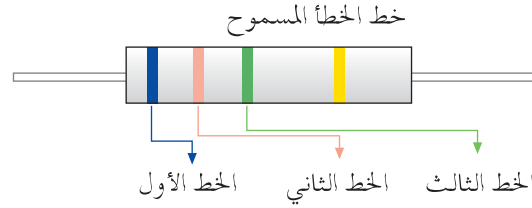
وتعطى القيمة والتفاوت المسموح للمقاومة بالخطوط الأربعة الملونة عليها (شكل 8 - 11). وتشير ألوان الخطوط الثلاثة الأولى من اليسار إلى الرقم الأول، والثاني، وعدد الأصفر التي تلي هذين الرقمين الأولين، ويبين جدول

1 - 8



شكل 8 - 10 لوحة الدائرة الكهربائية للمذياع

رموز اللون للخطوط . ويشير الخط الرابع إلى الخط المسموح للمقاومة :
 البني يساوي $\pm 1\%$ ، الأحمر يساوي $\pm 2\%$ ، الذهبي يساوي $\pm 5\%$ ،
 الفضي يساوي $\pm 10\%$ ، لا شيء يساوي $\pm 20\%$.



شكل 8 - 11 الخطوط الملونة للمقاومة

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
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

ألوان قوس
 قزح (فيما
 عدا النيلي)

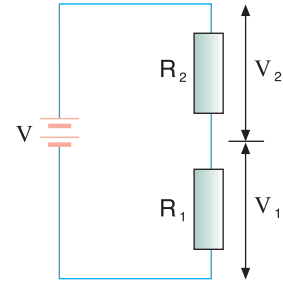
واعتبار آخر مهم عند استخدام المقاومات هو **معايرة القدرة** . فمعايرة قدرة المقاومة هي أقصى معدل لتبدد الطاقة الكهربائية كحرارة قبل تلفها . يكون عادة عيار قدرة 0.25 W إلى 1 W مناسباً للاستخدام في معظم الدوائر الكهربائية .

وبجانب المقاومات ثابتة القيمة، توجد مقاومات متغيرة مثل الريوستات، والمقاومات الحرارية، والمقاومات المعتمدة على الضوء . ولقد سبق وصف الريوستات في الجزء 2 - 4، وسندرس فيما بعد المقاومات الحرارية والمقاومات المعتمدة على الضوء .

موزع الجهد

يبين شكل 8-12 مقاومتين على التوالي متصلين بمنبع جهد كهربائي، V . ويمكن توضيح أن فرق الجهد عبر R_1 كسر من الجهد الكهربائي

$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V$$



شكل 8-12 موزع الجهد

مثال محلولة 8-1

يبين شكل 8-13 موزع جهد بمقاومات متواليه 10Ω ، 40Ω .
أحسب:

- (1) التيار المار عبر المقاومات.
- (2) فرق الجهد عبر المقاومة 10Ω .
- (3) فرق الجهد عبر المقاومة 40Ω .

الحل:

(1) المقاومة الكلية،

$$= 10 + 40$$

$$= 50 \Omega$$

التيار،

$$I = \frac{V}{R_{\text{total}}}$$

$$= \frac{10}{50}$$

$$= 0.2 \text{ A}$$

(2) فرق الجهد عبر 10Ω ،

$$V_1 = IR_1$$

$$= 0.2 \times 10$$

$$= 2 \text{ V}$$

(3) فرق الجهد عبر 40Ω ،

$$V_2 = IR_2$$

$$= 0.2 \times 40$$

$$= 8 \text{ V}$$

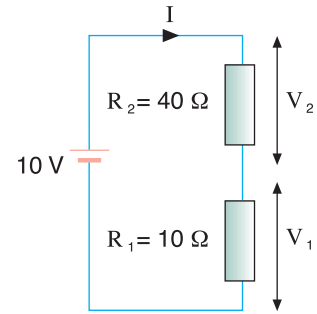
ويمكن استنتاج أن $V = V_1 + V_2$ ويمكننا كذلك التحقق من أن

$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V$$

$$= \left(\frac{10}{10 + 40} \right) 10$$

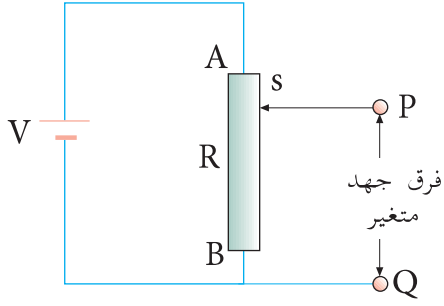
$$= 2 \text{ V}$$

ماذا تعتقد أن يكون فرق الجهد عبر R_2 ؟
ماذا تستنتج عن V ، V_1 ، V_2 ؟

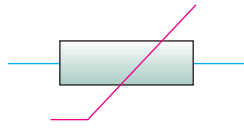


شكل 8-13 مثال محلولة 8-1

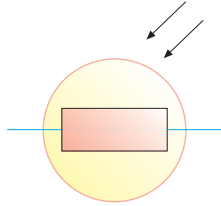
ماذا تعتقد أن يكون تأثير تغيير المقاومات في المثال المحلول 8-1 إلى مقاومات 20Ω ، 30Ω ؟



شكل 8 - 14 يمد مقياس فرق الجهد فرق جهد متغير عبر PQ



شكل 8 - 15 رمز المقاومة الحرارية



شكل 8 - 16 رمز المقاومة المعتمدة على الضوء

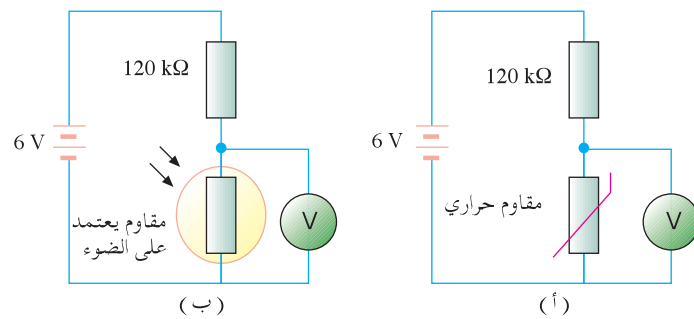
مقياس فرق الجهد هو موزع جهد متغير، ويتكون (شكل 8 - 14) من مقاومة R (في المعتاد قطعة سلك ذات مقاومة عالية) متصلة عبر مصدر جهد كهربائي V . إن S هي منزلقة يمكن أن تتحرك من A إلى B . وعند وضع المنزلقة عند (A) ، يكون فرق الجهد عبر PQ في أقصى درجة له، وفي هذه الحالة، يساوي V . وعند انزلاق S نحو (B) ، يتناقص فرق الجهد عبر PQ . وعند وضع S عند (B) يصبح فرق الجهد عبر PQ صفرًا. 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.

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.

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 جدًا عند تعرضها لضوء ساطع، وتكون مقاومتها في الظلام عالية جدًا. ويبين شكل 8 - 17 كلاً من المقاومة الحرارية والمقاومة المعتمدة على الضوء في دائرة كهربائية متوالية بسيطة ذات مقاومة وفولتметр متصلان عبر المقاومة المعتمدة على الضوء أو المقاومة الحرارية لقياس الجهد الكهربائي عبرهما. ويمكن أن تعمل الدائرة في شكل 8 - 17 (أ) كترموتر. فعند ارتفاع درجة الحرارة، تقل قيمة المقاومة الحرارية، ويقل تبعًا لذلك فرق الجهد عبر المقاومة الحرارية، ومن ثم تقل القراءة على الفولتметр. ويمكن لذلك، تحويل قراءات الفولتметр إلى قراءات درجة حرارة.



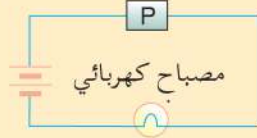
شكل 8 - 17 مقاومة حرارية ومقاومة تعتمد على الضوء كمحولات للدخل

وبالمثل في شكل 8 - 17 (ب)، تقل قيمة المقاومة المعتمدة على الضوء مع زيادة كثافة الضوء. ومرة ثانية سيرصد الفولتметр قراءة أدنى لأن فرق الجهد عبر المقاومة المعتمدة على الضوء سينخفض. وعليه يتسبب التغير في كثافة الضوء في تغيرات بالجهد يرصدها الفولتметр. 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 **محولات للدخل**.

أسئلة التقويم الذاتي



1- يحتوي الصندوق P في الدائرة بشكل 8-19 على أحد المكونات الكهربائية. يضيء المصباح الكهربائي فقط عند اقتراب مصدر حرارة من P. ما المكون المحتمل وجوده في الصندوق P؟



شكل 8 - 19

2- يمكن استخدام المقاومات الحرارية والمقاومات المعتمدة على الضوء كمحولات للدخل. اشرح معنى المصطلحات المكتوبة بينط مائل.



شكل 8 - 18 ترانزيستور

6-8 الدوائر الكهربائية التي تعمل بالمنطق الرقمي

Digital Logic Circuits

تطبق الدوائر المقلادية (التي تعمل كمفتاح قطع ووصل) التي دُرست في الجزء السابق في مجال من مجالات علم الإلكترونيات يسمى المنطق الرقمي. ويتضمن الدخل والخرج في المنطق الرقمي مستويين فقط من الجهد الكهربائي: عالي (دائماً +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 سيراً 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. وبدلاً 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 التحقق، وتكون المدخلات هي A، B، والخرج ممثل في C والأعمال أيضاً معطاة في جدول 8-2 بالألفاظ.

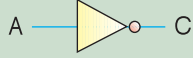

ويمكن اشتقاق بوابات أخرى للمنطق، مهما كانت درجة تعقيدها، من البوابات المنطقية الثلاث. ويوجد في جدول 8-2 بوابتان شائعتان: NAND، NOR وكما تقترح تلك الأسماء فإن البوابة NAND مكونة من بوابة AND متبوعة ببوابة NOT، بينما NOR مكونة من بوابة OR متبوعة ببوابة NOT.

هيا نفحص موقفاً 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 نقوداً. وبالمثل في حالة إدخال رقم الهوية خطأ لن تستطيع سحب نقود. في هذا الموقف، نمثل المدخلات برموز ACC و PIN. وعند الإدخال الصحيح تكون $ACC = 1$ ، $PIN = 1$. وعند الإدخال الخطأ تكون $ACC = 0$ ، $PIN = 0$. وباستخدام القياس الذي ستعمل به آلة صرف النقود (أي آلة الصرف تساوي 1) فقط عندما $PIN = 1$ ، $ACC = 1$ ، سنضطر إلى استخدام البوابة AND (انظر شكل 8-20).



شكل 8 - 20 آلة صرف النقود ATM

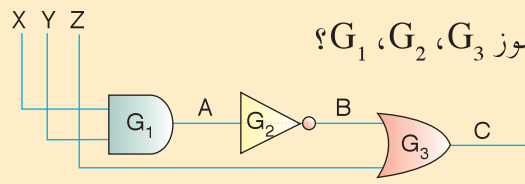
$ATM = 1$ فقط عندما
 $PIN = 1$ ، $ACC = 1$.

التعبير بالكلمات	جدول التحقيق			الرمز	نوع البوابة	
الخرج هو عكس أو نفي الدخل	C	A			NOT	1
	1	0				
يكون الخرج عاليًا إذا كان كل من المدخلين عاليًا	C	B	A		AND	2
	0	0	0			
	0	1	0			
	0	0	1			
يكون الخرج عاليًا إذا كان دخل واحد أو أكثر عاليًا	C	B	A		OR	3
	0	0	0			
	1	1	0			
	1	0	1			
لا يكون الخرج عاليًا فقط إذا كان كل دخل عاليًا	C	B	A		NAND	4
	1	0	0			
	1	1	0			
	1	0	1			
لا يكون الخرج عاليًا إذا كان دخل واحد أو أكثر عاليًا	C	B	A		NOR	5
	1	0	0			
	0	1	0			
	0	0	1			
	C	B	A			
	0	1	1			
	0	0	1			
	0	1	1			

أسئلة التقويم الذاتي

التربية الوطنية

الحاسوب دائمًا في طبيعة التقنية. و"عقل" الحاسوب هو المعالجات الصغرى، والذاكرة. هل تعرف كيفية عمل البوابات المنطقية في تلك المعالجات الصغرى؟

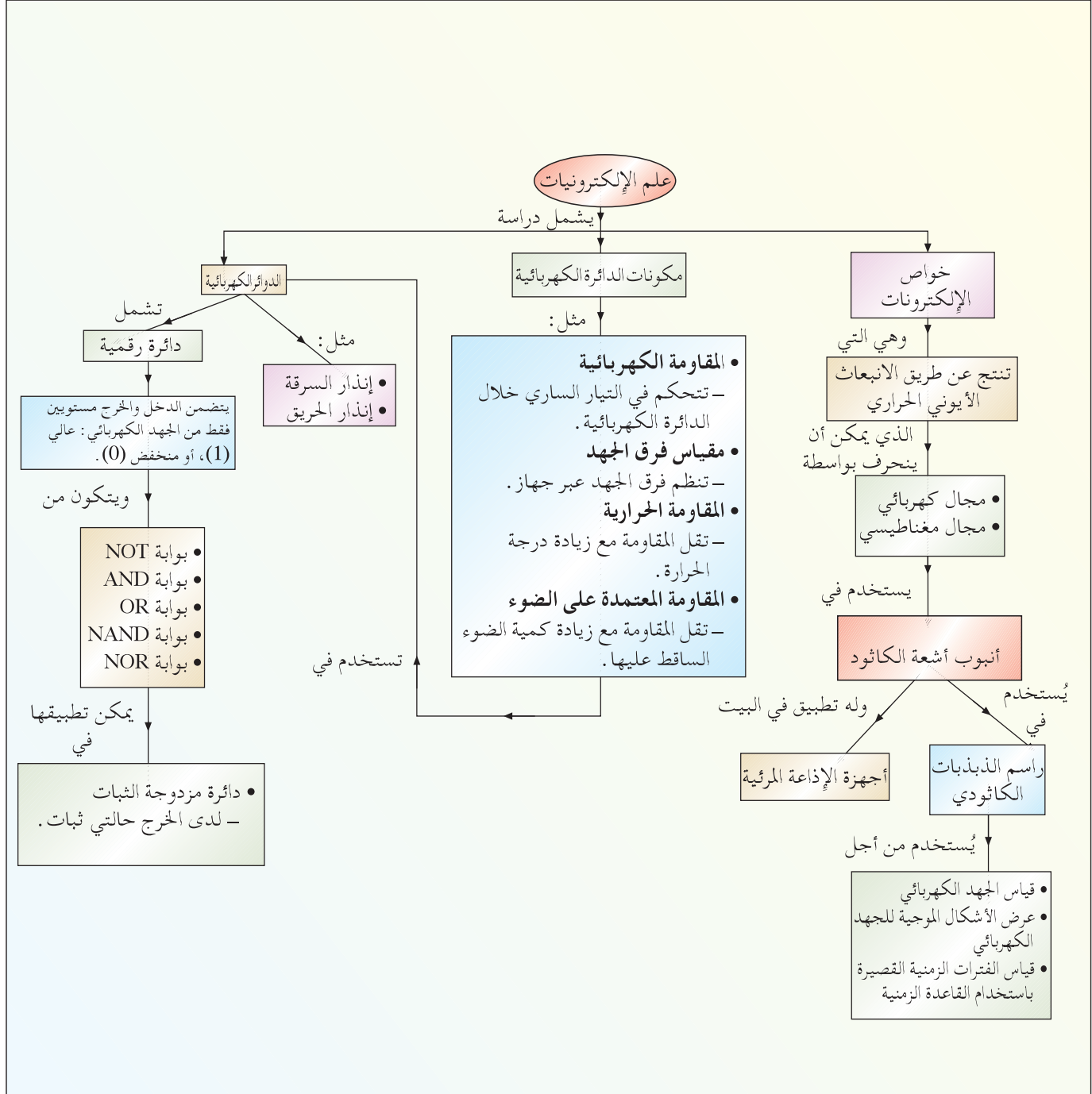


شكل 8 - 21

(أ) ماذا تمثل الرموز G_1, G_2, G_3 ؟

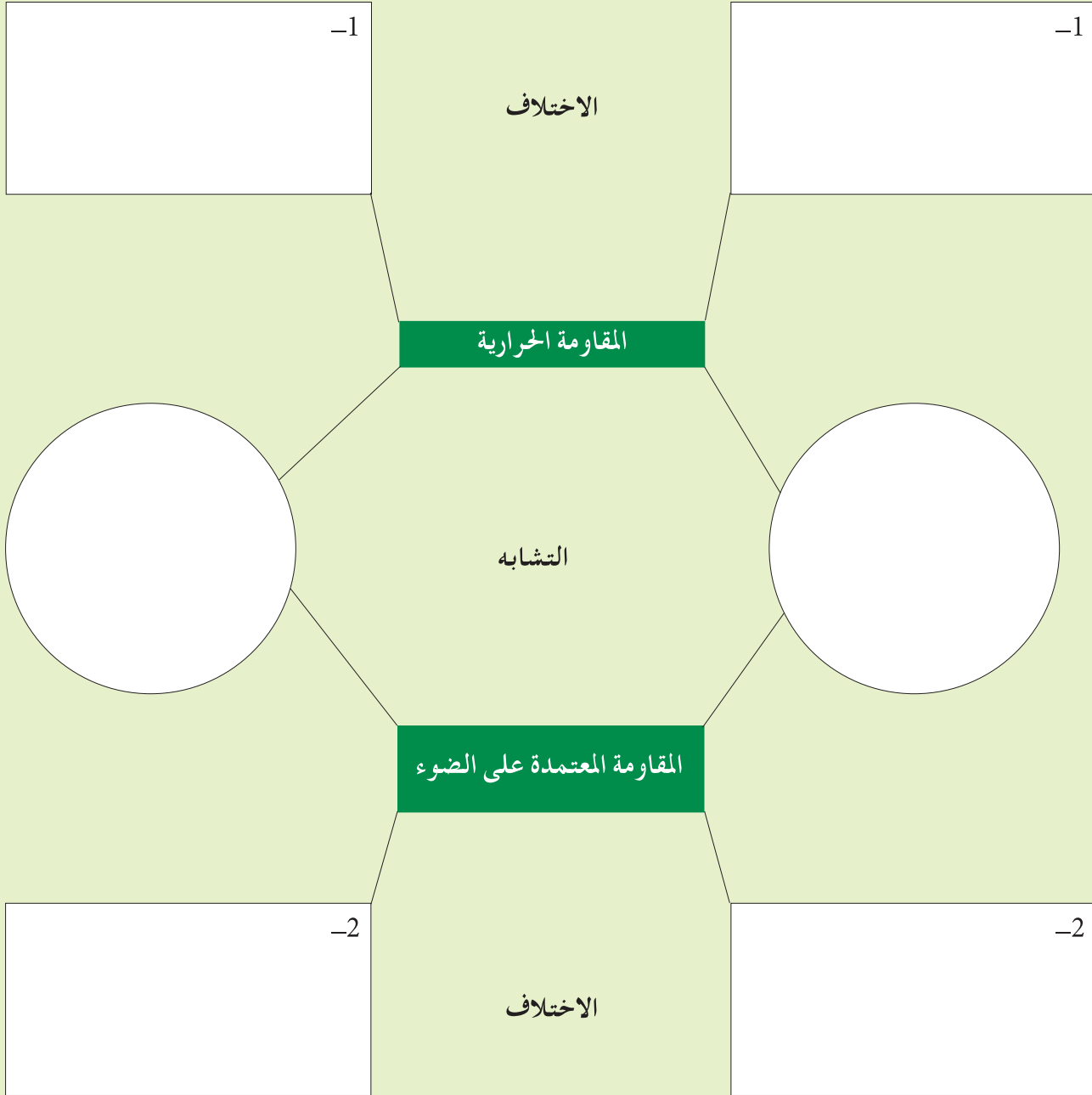
(ب) أكمل جدول التحقيق التالي.

X	Y	A	B	Z	C
0	0			0	
0	1			0	
1	0			1	
1	1			1	





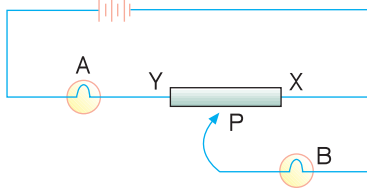
شكّل اكتشاف الإلكترون عام 1897 أساساً لعلم الإلكترونيات، والذي له تطبيقات على نطاق واسع. مكونان إلكترونيان يشيع استخدامهما هما المقاومة الحرارية والمقاومة المعتمدة على الضوء. أكمل المخطط البياني التالي لرصد تشابهين واختلافين بينهما، واذكر تطبيقاً حياتياً واحداً لكل من المكونين الإلكترونيين.



مثال لتطبيق من الحياة للمقاومة الحرارية: _____
 مثال لتطبيق من الحياة للمقاومة المعتمدة على الضوء: _____

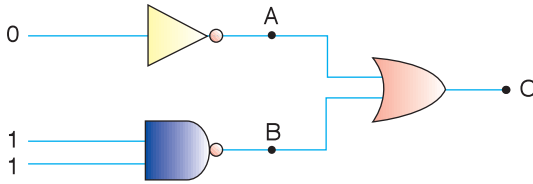
الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

4- كيف ستتأثر شدة سطوع المصباح A، B في الدائرة عند تحرك المنزلق P من X إلى Y؟



- | | |
|------------------|--------------|
| المصباح A | المصباح B |
| (أ) لا يتغير. | أكثر سطوعاً. |
| (ب) أكثر سطوعاً. | أكثر سطوعاً. |
| (ج) أكثر ظلمة. | لا يتغير. |
| (د) أكثر ظلمة. | أكثر سطوعاً. |

5- ما قيم المنطق لكل من A، B، C في الدائرة المنطقية التالية:



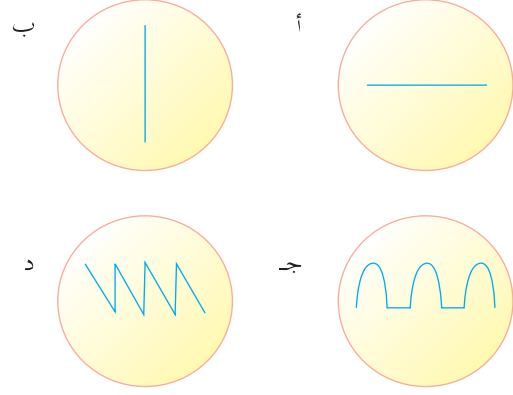
- (أ) $A = 0, B = 0, C = 0$
 (ب) $A = 1, B = 0, C = 0$
 (ج) $A = 1, B = 0, C = 1$
 (د) $A = 0, B = 0, C = 1$

الجزء الثاني الأسئلة التركيبية

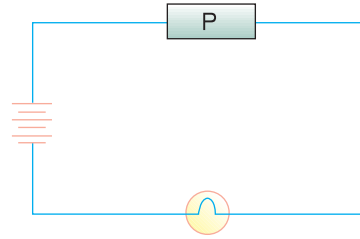
1- في أنبوب تفريغ كهربائي للهيدروجين، يُسلط فرق جهد عالي بين الإلكتروتودات، مما يجعل الإلكترونات تتحرك تجاه الإلكتروتود الموجب، والبروتونات تجاه الإلكتروتود السالب. ما التيار الساري في الأنبوب لو مرت كل ثانية 1×10^{18} بروتون 4×10^{18} إلكترون خلال قطاع عرضي من الأنبوب؟ (شحنة واحد إلكترون، $e = 1.6 \times 10^{-19} C$).

- 1- تُعرف العملية التي تنبعث بها الإلكترونات بواسطة فتيل فلزي ساخن بـ ..
 (أ) التبخر
 (ب) الغليان.
 (ج) الحمل الحراري.
 (د) الانبعاث الأيوني الحراري.

2- القاعدة الزمنية لرسم ذبذبات كاثودي مغلقة. وعند تسليط جهد كهربائي لتيار متردد 50 Hz على الشريحتين Y-، أي الأنماط التالية يمكن مشاهدتها على الشاشة؟

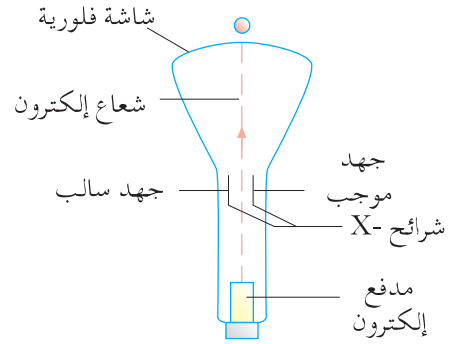


3- يحتوي الصندوق P في الدائرة التالية على مكون كهربائي. ويضيء المصباح فقط عند جلب مصدر ضوء بالقرب من P ومن الأرجح أن يكون الصندوق ... P



- (أ) مكثف.
 (ب) مقاومة حرارية.
 (ج) مُرَحِّل مغناطيسي.
 (د) مقاومة معتمدة على الضوء.

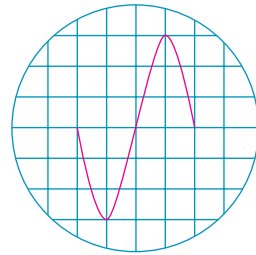
- 2- (أ) يبين الرسم أنبوب شعاع كاثودي. حدد مع ذكر السبب، ما يُرى على الشاشة
- (1) عند 0 قبل تشغيل المجال الكهربائي.
- (2) عندما يُسلط المجال الكهربائي عبر الشريحتين X .



كيف يمكن إحداث نفس التأثير في (2) باستخدام مجال مغناطيسي. اشرح مع الرسم والبيانات.

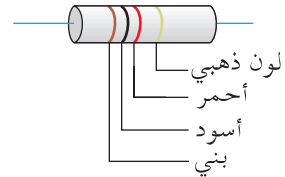
- (ب) يبين الرسم التالي عرض جهد لتيار متردد مسلط على الشرائح Y لرسم ذبذبات كاثودي مع القاعدة الزمنية في حالة تشغيل.

- (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.

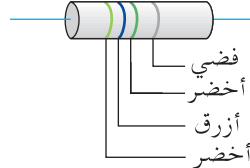


- 3- (أ) ما قيم المقاومات الكهربائية المعطاة:

(1) المقاومة =



(2) المقاومة =

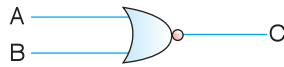
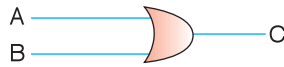
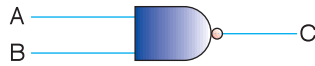
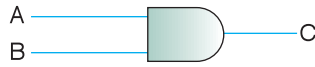
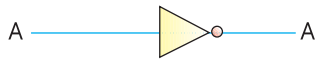


(ب) ما مقياس فرق الجهد؟

صف كيفية تجهيز أحد الطلبة مقياس فرق الجهد إذا أعطى الأدوات التالية: نضيدة، منزلق، مقاومة كهربائية في شكل سلك مقاومة طويل، بعض الوصلات.

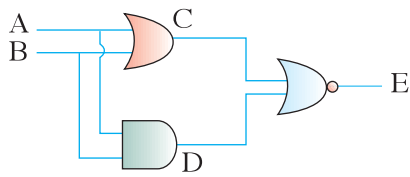
ضع على رسم الدائرة الموقعين الخاصين بتفريع أقصى وأدنى فرق جهد.

4- (أ) عين هوية البوابات المنطقية التالية، واكتب جداول الواقع الخاصة بها.

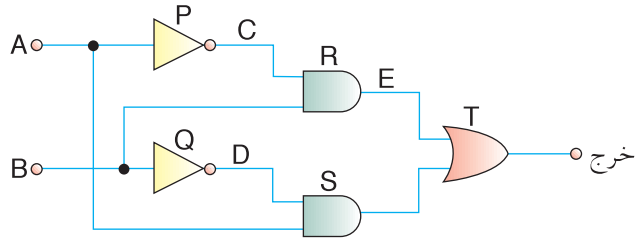


(ب) أكمل جدول التحقق للدائرة المنطقية الكهربائية التالية:

A	B	C	D	E
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			



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 التالية لحالات المنطق عند النقاط C، D، E.

A	C

B	D

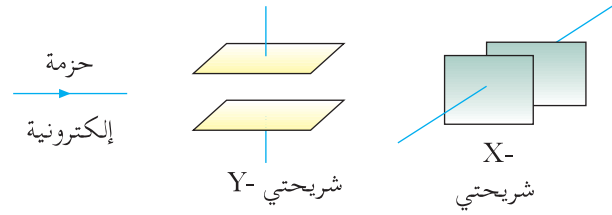
C	B	E

(ج) جدول التحقيق للجهاز كله مايلي:

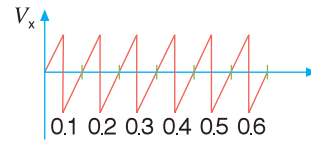
B	A	الخروج
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	

اذكر وشرح كيفية اختلاف جدول التحقيق هذا عن جدول التحقيق للبوابة OR.

5- في راسم ذبذبات كاثودي، يمر شعاع الإلكترون بين مجموعتين من شرائح متوازية مرتبة كما في الشكل التالي:

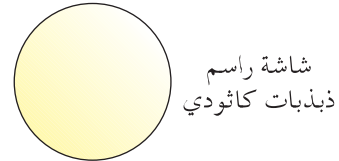


(أ) جهد كهربائي ذو قاعدة زمنية V_x ، والذي يتغير كما هو مبين في الرسم البياني التالي، يُسلط على الشرائح X-.



أكمل الرسم لتبين مظهر الشاشة وشرح 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.

(ج) ما المعلومات الإضافية التي تحتاجها لتمكين من قياس أقصى جهد كهربائي يُنتجه المولد الكهربائي؟

(د) اذكر خاصية واحدة للإلكترونات تجعل استخدام راسم ذبذبات كاثودي ممكناً في تحديد الاختلافات السريعة في الجهد الكهربائي V_y .

Radioactivity and the Nuclear Atom

النشاط الإشعاعي،
والذرة النوويةمخرجات
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 رموزاً) 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_ZX .
 - 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: مِم 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.

نشاط على شبكة المعلومات الدولية



مصدر جيد لهذه الوحدة هو موقع "أب جـ للعلوم النووية":
<[http:// www-nsd.lbl.gov/NSD_docs/abc/home.html](http://www-nsd.lbl.gov/NSD_docs/abc/home.html)>

والذي يشرح مفهوم النشاط الإشعاعي.

9-1 اكتشاف النشاط الإشعاعي

The Discovery of Radioactivity

اكتشف في عام 1896 العالم الفرنسي هنري بيكريل بطريقة عرضية أن الإشعاع المنبعث من مركبات اليورانيوم أثر 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. وسُميت أنواع الإشعاع الثلاثة ألفا، وبيتا، وجاما لأن الطبيعة الدقيقة لتلك الأنواع من الإشعاع لم تكن معروفة في ذلك الوقت.



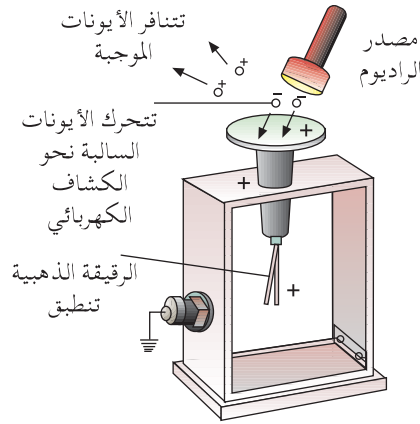
شكل 9-1 ماري كوري إحدى المكتشفات الأوائل للنشاط الإشعاعي

9-2 الكشف عن النشاط الإشعاعي

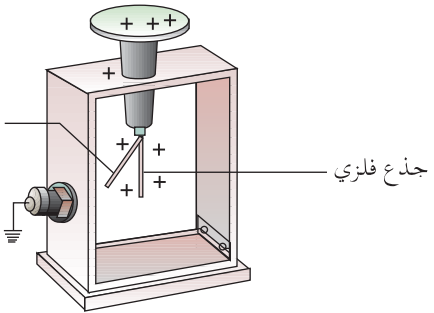
Detection of Radioactivity

توجد ثلاثة طرق شائعة أخرى للكشف عن النشاط الإشعاعي بالإضافة إلى الطريقة الفوتوغرافية التي اكتشفها بيكريل:

1- الكشاف الكهربائي ذو الرقيقة الذهبية



شكل 9-3 الكشاف الكهربائي المشحون يتعادل



شكل 9-2 كشاف كهربائي موجب الشحن

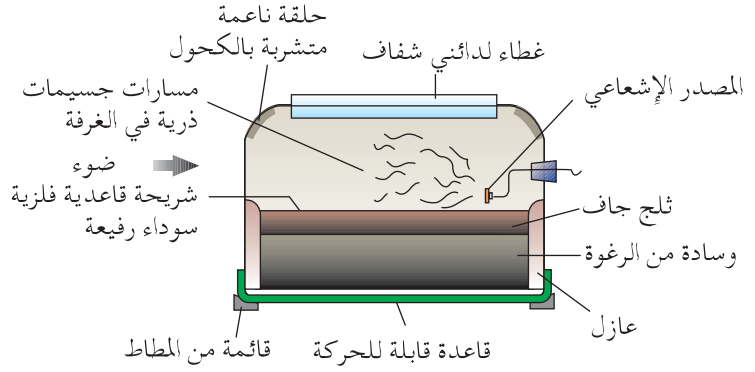
يبين شكل 9-2 كشافاً كهربائياً موجب الشحنة والرقيقة الذهبية في وضع انحراف.

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 تتناثر، 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.

الأنواع الثلاثة للانبعثات الإشعاعية

- جسيمات ألفا
- جسيمات بيتا
- أشعة جاما

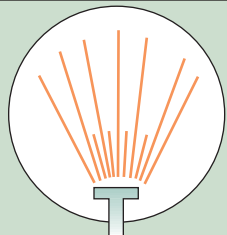
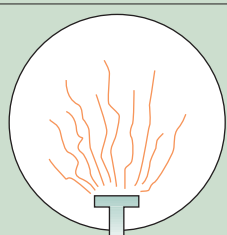
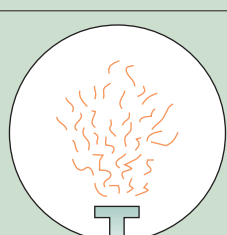
2- غرفة سحابة الانتشار (غرفة ينتشر بها السحاب)



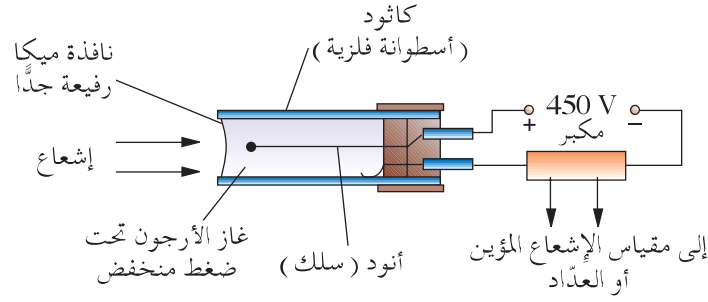
شكل 9 - 4 غرفة سحابة الانتشار

يُبرّد الهواء المحتوي على بخار كحول في الغرفة بواسطة "ثلج جاف" (ثاني أكسيد الكربون الصلب عند -78°C) موضوع أسفل شريحة قاعدية فلزية سوداء رقيقة. وعند وضع مصدر إشعاعي داخل الغرفة حتى يمر الإشعاع الناتج منه خلال البخار، تتكون مسارات في بخار الكحول الكثيف نظرًا لتكثفه على الأيونات المكوّنة. 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

طبيعة المسارات	المسارات المكوّنة	نوع الإشعاع
المسارات مستقيمة وسميكة. ويبين ذلك أن جسيمات ألفا ذات تأيين قوي جدًا. والمسارات تكون ذات أطوال مختلفة إذا كان لدى جسيمات ألفا كميات مختلفة من الطاقة الحركية.	 شكل 9-5 مسارات جسيمات ألفا	جسيمات ألفا (α)
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 تأيينًا مقارنة بجسيمات ألفا.	 شكل 9-6 مسارات جسيمات بيتا	جسيمات بيتا (β)
المسارات قصيرة، ورقيقة، وغير منتظمة. ويبين ذلك أن أشعة جاما هي الأقل تأيينًا.	 شكل 9-7 أشعة جاما	جسيمات جاما (γ)

3- أنبوب جيجر - مولر



شكل 9-8 أنبوب جيجر - مولر

إن أنبوب جيجر - مولر (شكل 9-8) متعدد الاستخدامات هو الأكثر نفعا 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.

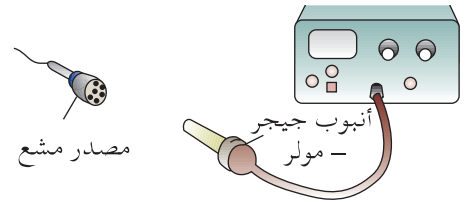
وتتسارع عندئذ تلك الإلكترونات الحرة نحو الأنود (السلوك الرفيع) الموضوع بطول محور الكاثود الأسطواني. وتتسبب تلك الإلكترونات المتسارعة في تأين إضافي لذرات الأرجون بالاصطدام بها، ومن ثم تنتج سيلا من الإلكترونات التي تُجمع في الحال تقريبا عن طريق الأنود.

وتنجذب الأيونات موجبة الشحنة 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 عدادا ذا علامات كل ثانية (أو كل دقيقة) والتي يمكن قراءة متوسط معدل النبضة منها. ويوضع عادة مكبر صوت صغير في المقياس ليعطي نغمة 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 أو ما يحيط به. وقد تكون أيضا نتيجة إشعاع كوني داخلا إلى الغلاف الجوي للكاشف. وفي الأرضية من الفضاء الخارجي. وفي التجارب حيث يكون معدل الانبعاث من المواد المشعة منخفضا، يجب طرح تعداد الخلفية من المقاييس المأخوذة. وفي التجارب حيث يكون معدل الانبعاث من المصادر المشعة عاليا (وليكن 5000 كل دقيقة)، يمكن تجاهل تعداد الخلفية دون التأثير على دقة النتائج.

مقياس الإشعاع المؤين



شكل 9-9 الكشف عن النشاط الإشعاعي بواسطة أنبوب جيجر - مولر المتصل بمقياس الإشعاع المؤين

نشاط على شبكة المعلومات الدولية



(أ) صف أنماط المسارات التي تعطىها مصادر ألفا في غرفة سحابة انتشار.

(ب) ما المقصود بإشعاع الخلفية، وتعداد الخلفية؟

الإشعاع	الطبيعة
جسيم ألفا (α)	نواة هيليوم
جسيم بيتا (β)	إلكترون
شعاع جاما (γ)	موجة كهرومغناطيسية عالية التردد

طبيعة الإشعاع

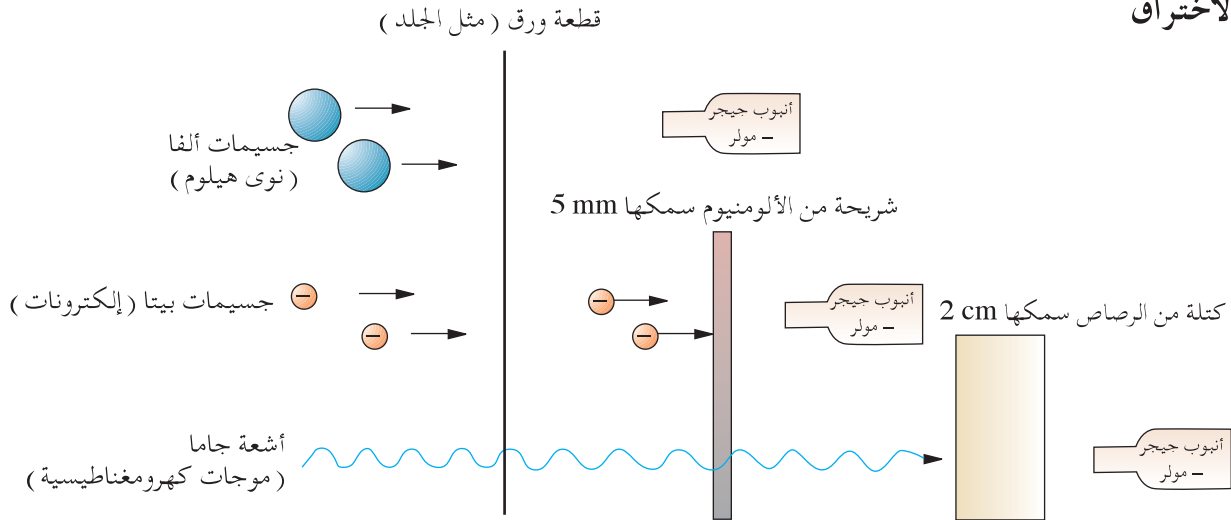
شعاع ألفا هو سيل من نوى هيليوم، أي أن جسيم ألفا في الواقع نواة هيليوم موجبة الشحنة، تشمل اثنين من البروتونات واثنين من النيوترونات. إنه جسيم مستقر جدًا. وشعاع بيتا هو سيل من إلكترونات ذات طاقة عالية، أي أن جسيم بيتا في الواقع إلكترون سالب الشحنة، ويتكون بعملية اضمحلال نووي. وشعاع جاما هو شعاع كهرومغناطيسي عالي التردد، أي أن إشعاع جاما موجات كهرومغناطيسية ذات طول موجي قصير جدًا.

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 تأين مقارنة بجسيمات بيتا وأشعة جاما لأنها تنتج أكبر عدد من الأيونات في مساراتها. ومقارنة بأشعة جاما فإن جسيمات بيتا أكثر تأينًا.

قدرة التأين
ألفا < بيتا < جاما

قدرة الاختراق

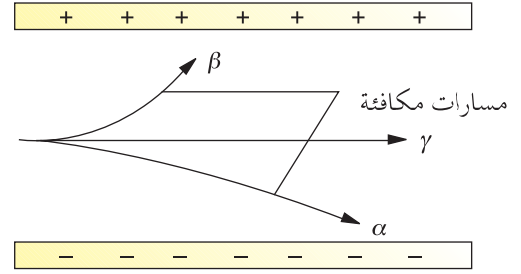
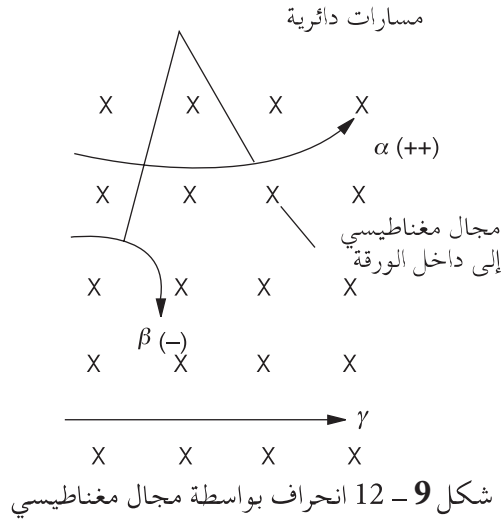


شكل 9-10 القدرات الاختراقية النسبية لأنواع الإشعاع الثلاثة

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

الانحراف بواسطة مجالات كهربائية ومغناطيسية
يبين شكلاً 9-11، 9-12 كيفية تأثر تلك الأنواع الثلاثة للإشعاع
بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية على التوالي.



وتبين الانحرافات بواسطة المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي أن
جسيمات ألفا موجبة الشحنة، وأن جسيمات بيتا سالبة الشحنة 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 تقريباً
الاختراق النسبي	1 أقل اختراق	100	10 000 اختراقي جداً
انحراف في المجالات المغناطيسية والكهربائية	تنحرف مثل الجسيمات موجبة الشحنة	تنحرف مثل الجسيمات سالبة الشحنة	لا تنحرف
السرعة	10^7 m s^{-1}	أقل قليلاً من $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$	$3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

أسئلة التقييم الذاتي

- (أ) أي أنواع الإشعاع يمكن إيقافه بألومنيوم سمكه 5 mm؟
(ب) ما الدليل التجريبي على أن جسيمات ألفا لها أكبر قدرة
تأين؟

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 ستفكك ومتى بالضبط ستفكك تلك النواة.

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 كلاً 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.

ويُعرف 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 للصدوديوم الإشعاعي حوالي 15 ساعة فقط. ويعني ذلك أنه إذا كان لدينا عشرة ملايين نواة مشعة لكل من الراديوم والصدوديوم، فسيستغرق الأمر 1600 عام قبل اضمحلال 5 ملايين نواة من الراديوم، بينما يضمحل نفس العدد من نوى الصدوديوم 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.

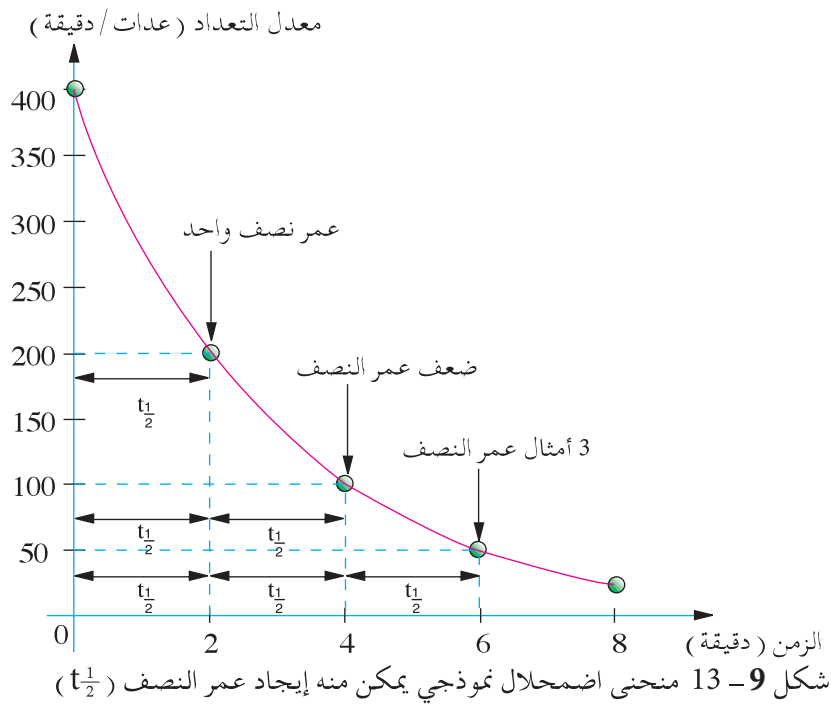
الانبعاث الإشعاعي عملية عشوائية، أي من المستحيل تحديد أي نواة بالضبط ستفكك ومتى.

يبين جدول 9-4 عينة لمجموعة من نتائج معدل التعداد تم الحصول عليها عند أوقات مختلفة لمادة مشعة معينة .

جدول 9-4

25	50	100	200	400	معدل التعداد (عدادات / دقيقة)
8	6	4	2	0	الزمن (دقيقة)

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 .



نشاط على شبكة المعلومات الدولية



قانون الاضمحلال الإشعاعي

<<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/lawdecay.htm>>.

- 1- ابدأ العملية .
- 2- راقب الزمن المستغرق لهبوط عدد النوى إلى نصف عددها الأصلي .
- 3- استمر في العملية . راقب الزمن المستغرق لهبوط العدد إلى الربع وإلى الثمن .
- 4- ماذا تستنتج؟

مثال محلولة 9-1

يتناقص نشاط عينة من البزموت الإشعاعي خلال 15 يوم إلى ثمن نشاطها الأصلي . احسب عمر النصف للبزموت الإشعاعي؟

الحل:

المعطيات: النشاط النهائي بعد 15 يوم هو $\frac{A_0}{8}$ حيث A_0 تساوي النشاط الأصلي .

ولنفترض أن عمر النصف البزموت هو $t_{\frac{1}{2}}$.

الزمن (اليوم)	صفر	عمر النصف	ضعف عمر النصف	3 أمثال
النشاط الأصلي	النشاط الأصلي	النشاط الأصلي	النشاط الأصلي	عمر النصف
		2	4	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 (عدادات / دقيقة)	285	155	80	40	20

أوجد باستخدام منحنى بياني مناسب عمر النصف للعينة المشعة المعطاة .

الحل :

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 9 - 14) .

ومن الرسم البياني :

عمر النصف الأول لكي يتناقص معدل التعداد من 200 إلى 100 يعطى بما يلي :

$$\text{عمر النصف الأول، } (t_{\frac{1}{2}})_1 = 3.3 - 1.2 = 2.1 \text{ دقيقة}$$

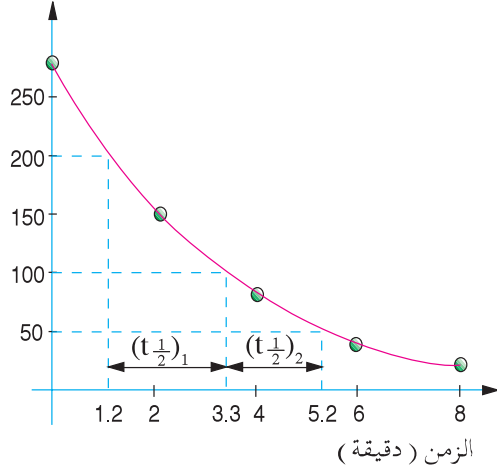
عمر النصف الثاني لكي يتناقص معدل التعداد من 100 إلى 50 يعطى بما يلي :

$$\text{عمر النصف الثاني، } (t_{\frac{1}{2}})_2 = 5.2 - 3.3 = 1.9 \text{ دقيقة}$$

$$\text{ولهذا، عمر النصف، } t_{\frac{1}{2}} = \frac{(t_{\frac{1}{2}})_1 + (t_{\frac{1}{2}})_2}{2} = \frac{2.1 + 1.9}{2} = 2.0 \text{ دقيقة}$$

ملحوظة : السبب في إيجاد قيمتين لعمر النصف ثم أخذ المتوسط هو الحصول على عمر النصف أكثر دقة بتقليل أي أخطاء عشوائية .

معدل التعداد (عدادات / دقيقة)



شكل 9 - 14



كيف يكون عمر نصف مادة مشعة مقياسًا لمعدل الاضمحلال؟

5-9 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

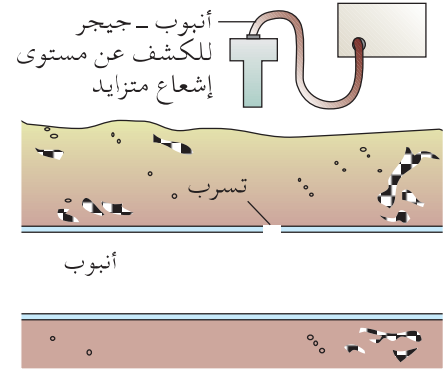
يُستفاد من قدرة أجهزة الكشف على قياس تركيزات صغيرة من مادة مشعة في تطبيقات عناصر الاقتفاء، المستخدمة بكثافة في الطب. يتراكم بسهولة على سبيل المثال اليود في الغدة الدرقية. وباستخدام اليود المشع-131 ومعرفة المعدل الذي يتراكم به في الغدة الدرقية، يمكن متابعة وظائفها.

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).

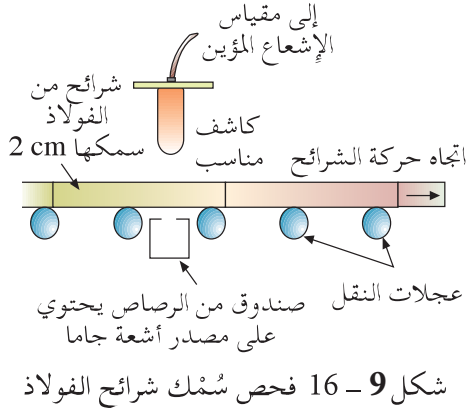
بإدخال عنصر اقتفاء مشع مناسب في الأنبوب، يمكن إيجاد الشرخ بسهولة بواسطة أنبوب جيجر - مولر الذي سيرصد معدل تعداد عالي غير عادي في منطقة التسرب. ويوفر ذلك الوقت والمال في تحديد مكان وإصلاح التسرب. ويُستخدم الفوسفور الإشعاعي-32 في الزراعة كعنصر اقتفاء للكشف عن مدى امتصاص النباتات للفوسفات الضروري لنموها. 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 للسمك.



شكل 9-15 تحديد موضع تسرب في أنبوب جوفي بواسطة عنصر الاقتفاء المشع



ويُستخدم الجهاز المبين في شكل 9 - 16 للتأكد من أن شرائح الفولاذ ذات سمك متساو. ويعتمد معدّل 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 المكتشف ثابتاً (وتوضّح تلك القراءة الثابتة على عداد مقياس الإشعاع المؤين)، يمكن استنتاج أن شرائح الفولاذ ذات سمك 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 الاحتراق العالية لأشعة جاما في قتل أي بكتيريا في الأغذية المجمدة أو سابقة التغليف. إن ذلك يُعقّم الطعام ويمنع التسمم الغذائي.

3 - مصادر القدرة

اليورانيوم-235 هو الوقود الأكثر شيوعاً 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 مؤيناً بشكل طفيف داخل أجهزة إنذار الحريق، فيكشف أي تغيير في مستوى التأين يسببه دخان حريق، وينطلق جرس الإنذار.

4 - العلاج الطبي

يضمحل الكوبالت-60 الإشعاعي لبعث 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 جداً 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 ممكناً.

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 ثابتاً 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 وبتور قد تستغرق وقتاً طويلاً 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 علاجاً بالإشعاع مستخدمين في ذلك نظير الكوبالت-60. هل تعرف كيف يعمل؟

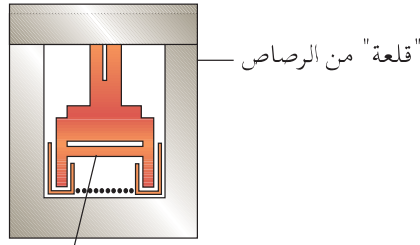
تعرضت مدينتان يابانيتان في أثناء الحرب العالمية الثانية لكمية كبيرة من الإشعاع المؤين نتيجة إلقاء قنبلتين ذريتين عليهما. وأدى التحول الفجائي في جينات كثير من الناجين إلى ذرية تحمل تشوهات فسيولوجية وعيوب أخرى.

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 دائماً 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).



رقيقة فلزية 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 تماماً المأكولات والمشروبات عند إجراء شخص لتجربة مشعة، وإلا فقد يدخل الغبار المشع إلى جسمه مع الطعام.



شكل 9-18 رمز الإشعاع

أسئلة التقييم الذاتي

- (أ) اذكر استخدامين صناعيين للمواد المشعة.
- (ب) ماذا يحدث إذا استخدم عامل في محطة قدرة نووية أصابعه ليلتقط مصدراً مشعاً؟
- (ج) اذكر إجراءين وقائيين ستستخدمهما عند التعامل مع مواد مشعة.

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 رقيقة جداً من الميكا كما لو أنها غير موجودة، وأن بعضها ينحرف عن اتجاهها المستقيم المبدئي. فكلف مساعديه جيجر ومارسدين باستقصاء بعثة 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.

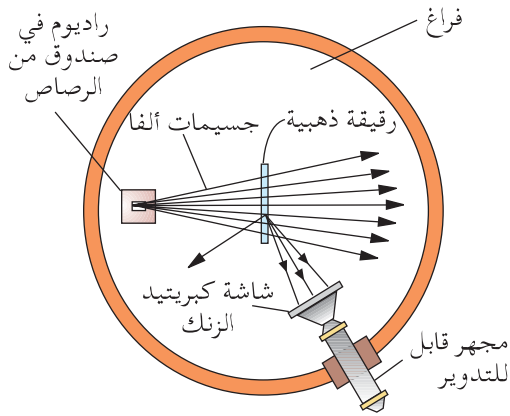
ووجد جيجر ومارسدين أن معظم جسيمات ألفا (α) تمر مباشرة خلال الرقيقة الذهبية، وأن جزءاً صغيراً جداً منها يرتد عائداً إلى المصدر.

نموذج الذرة لروثرفورد

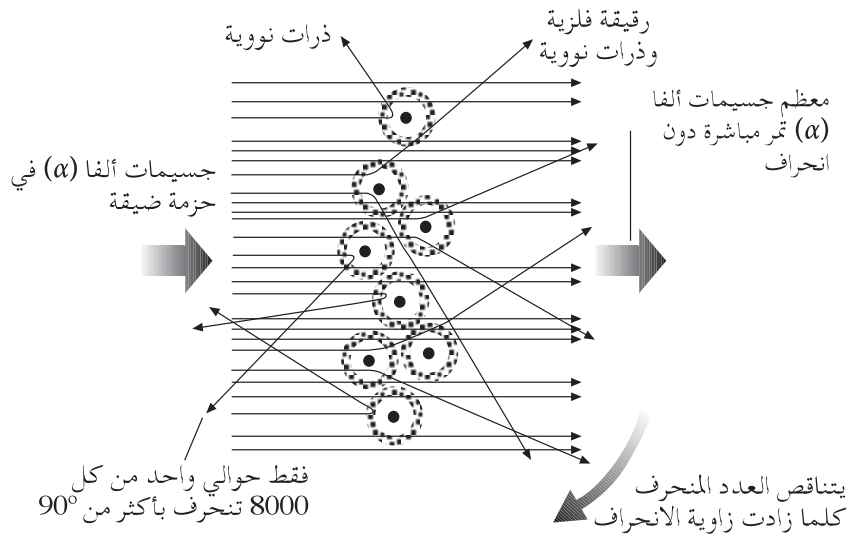
في عام 1911 اقترح روثرفورد نموذجاً نووياً للذرة بناءً على النتائج التجريبية التي توصل إليها مساعده جيجر ومارسدين. ويفترض هذا النموذج أن الذرة تتكون من قلب كثيف جداً أو نواة، وأن جميع الجسيمات موجبة الشحنة، وأن معظم كتلة الذرة يتركز في تلك النواة.

وبما أن الذرة متعادلة كهربياً، يفترض النموذج عدداً مكافئاً من الجسيمات سالبة الشحنة تسمى إلكترونات تدور في مدارات حول النواة موجبة الشحنة. 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 الشحنة بقوة تنافر هذه في انحراف من النواة موجبة الشحنة. وتتسبب قوة التنافر هذه في انحراف هذا العدد الصغير من جسيمات ألفا (α) عن اتجاهها الأصلي (شكل 9 - 20).



شكل 9 - 19 تجربة جيجر - مارسدين



شكل 9 - 20 نموذج روثرفورد للذرة لشرح تجربة جيجر - مارسدين عن تبعثر ألفا

النموذج الذري

نتيجة تجارب أخرى، واكتشاف النيوترون من قبل تشادويك في عام 1932، نعتقد الآن أن الذرة تحتوي على ثلاثة جسيمات أساسية: بروتونات (موجبة الشحنة)، ونيوترونات (متعادلة (غير مشحونة))، وإلكترونات (سالبة الشحنة). 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.

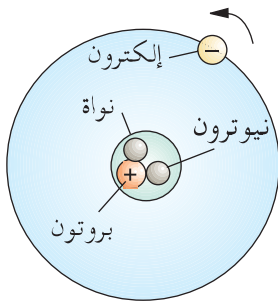
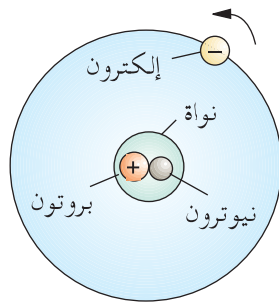
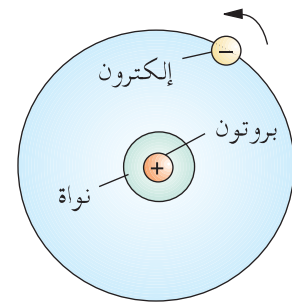
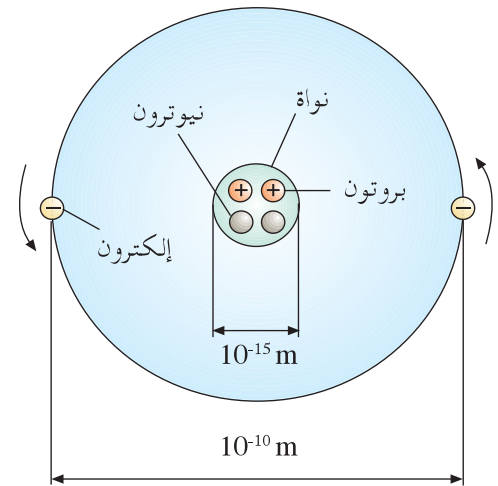
ويعرف عدد البروتونات في النواة الذرية بالعدد البروتوني أو العدد الذري (Z). والبروتونات مسئولة عن كون النواة موجبة الشحنة. وفي ذرة متعادلة، يكون عدد البروتونات في النواة مكافئاً لعدد الإلكترونات (سالبة الشحنة) التي تدور حول النواة. ويبين شكل 9-21 بنية ذرة هيليوم غير مرسومة بمقياس نسبي.

رمز النويدة

إذا كان X يمثل عنصراً تحتوي النواة الذرية فيه على A نكليونات و Z بروتونات، فيمكن عندئذ الإشارة إلى ذرة العنصر رمزياً بـ ${}^A_Z X$ ، وعليه، يمكن تمثيل نواة الهيليوم المبينة في شكل 9-21 بالرمز ${}^4_2\text{He}$. 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 ${}^1_1\text{H}$ ، ${}^2_1\text{H}$ ، ${}^3_1\text{H}$ ، بينما نظائر اليورانيوم هي ${}^{235}_{92}\text{U}$ و ${}^{238}_{92}\text{U}$. وتبين الأشكال 9-22 إلى 9-24 بنية النظائر الثلاثة للهيدروجين.

شكل 9-24 تريتيوم (${}^3_1\text{H}$)شكل 9-23 ديوتيريوم (${}^2_1\text{H}$)شكل 9-22 هيدروجين (${}^1_1\text{H}$)شكل 9-21 بنية ذرة هيليوم تبين أن قطر النواة حوالي 10^5 مرة أصغر من قطر الذرة نفسها

للنظائر خواص كيميائية متطابقة لأن لديها نفس العدد من الإلكترونات، وهي الجسيمات المتضمنة في التفاعلات الكيميائية.



- يتم تمثيل نواة ذرة التريتيوم بـ ${}^3_1\text{H}$.
- (أ) ما هو (1) عددها الذري .
(2) عددها الكتلي؟
- (ب) كم عدد البروتونات الموجودة في النواة؟
- (ج) اذكر اسم الجسيمات الأخرى في النواة . كم يوجد من تلك الجسيمات؟
- (د) التريتيوم أثقل نظير للهيدروجين . اذكر اسم النظير الآخر للهيدروجين؟

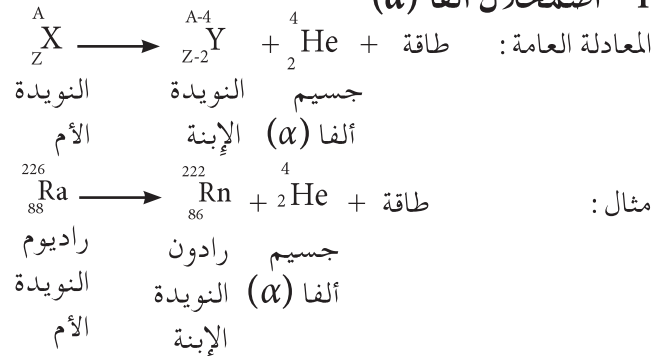
8-9 التفاعلات النووية

Nuclear Reactions

التغيرات النووية

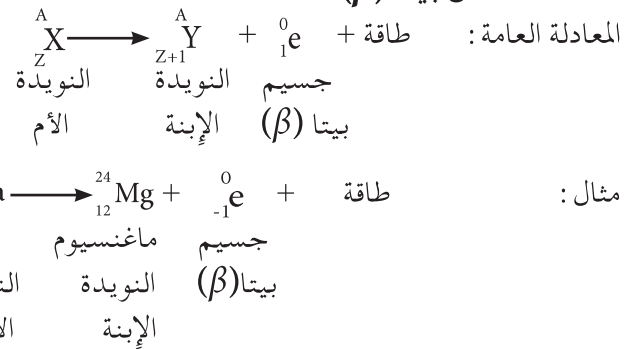
لقد تعلمنا أن الاضمحلال الإشعاعي يشير إلى عملية تفكك نواة عنصر مشع غير مستقرة لتصبح أكثر استقرارًا. ويمكننا الآن تمثيل الاضمحلال الإشعاعي بواسطة معادلة نووية تتغير فيها النوية الأم X (غير مستقرة) إلى النوية الابنة Y (أكثر استقرارًا) مع انبعاث جسيم ألفا (α) أو جسيم بيتا (β) أو أشعة جاما (γ). وتوجد ثلاث معادلات نووية لتمثيل الأنواع الثلاثة التالية للاضمحلال الإشعاعي:

1- اضمحلال ألفا (α)



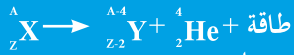
في اضمحلال ألفا (α) يتناقص العدد البروتوني أو الذري Z للنوية X بمقدار 2، ويتناقص عددها الكتلي أو النووي A بمقدار 4. وتكون النوية الابنة ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$.

2- اضمحلال بيتا (β)



في اضمحلال بيتا، يزداد العدد البروتوني أو الذري Z للنوية X بمقدار 1 ولكن يبقى العدد الكتلي أو النووي A بلا تغيير.

اضمحلال ألفا:



اضمحلال بيتا:

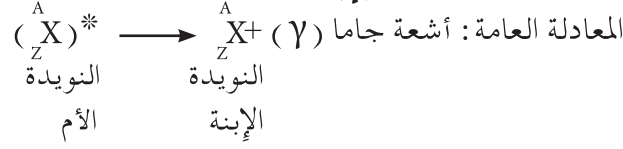


اضمحلال جاما:



النظائر المشعة هي نظائر مشعة اصطناعية تتكون بقصف نويدات أخف بروتونات، أو نيوترونات، أو جسيمات ألفا.

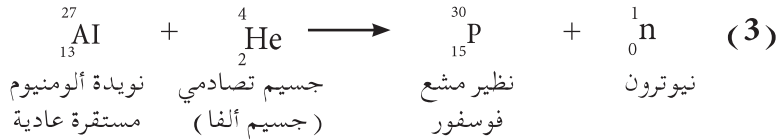
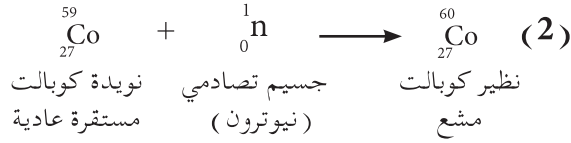
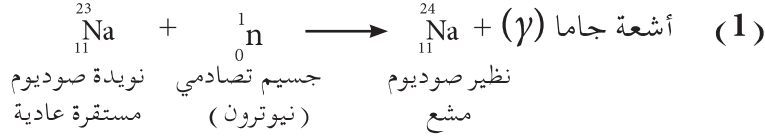
3- اضمحلال جاما (γ)



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 طبيعياً مثل الراديوم واليورانيوم تكون عادة أعدادها الكتلية عالية. ويمكن تكوين نظائر مشعة اصطناعية بواسطة مفاعل نووي بقصف النويدات الأخف وزناً بالبروتونات أو النيوترونات أو جسيمات ألفا. وأمثلة المعادلات النووية التي تبين إنتاج النظائر المشعة هي:



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؟

الكتلة والطاقة

اقترح أينشتين في عام 1905 أثناء تطويره النظرية النسبية اقتراحاً مذهباً وهو أن الكتلة والطاقة متكافئتان، وصاغ المعادلة التالية:

$$E = mc^2$$

حيث E تساوي الطاقة

m تساوي الكتلة

c تساوي سرعة الضوء

وأي تغيير في الطاقة سواء بالزيادة أو بالنقصان، سيؤدي إلى تغيير مناظر في الكتلة. ولهذا:

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

حيث Δm تمثل تغييراً في الكتلة

ΔE تمثل تغييراً في الطاقة.

• معادلة (الطاقة - الكتلة)

لأينشتين $E = mc^2$

• الانشطار النووي هو العملية

التي تتجزأ فيها النويدات غير

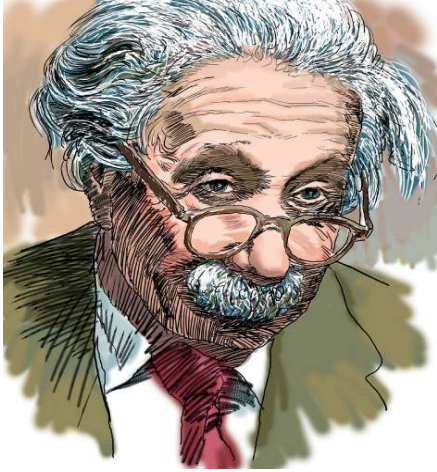
المستقرة الثقيلة لإنتاج طاقة.

• الاندماج النووي هو العملية

التي تنصهر فيها النويدات

الأخف وزناً معاً لتكوين نواة

أثقل وزناً 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، $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$)

الحل:

المعطيات: الطاقة الممتصة $\Delta E = 4200 \text{ J}$

وباستخدام معادلة الطاقة - الكتلة لأينشتين.

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

$$= \frac{4200}{(3 \times 10^8)^2}$$

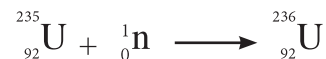
$$= 4.7 \times 10^{-14} \text{ kg}$$

هذه زيادة صغيرة في الكتلة يمكن إهمالها.

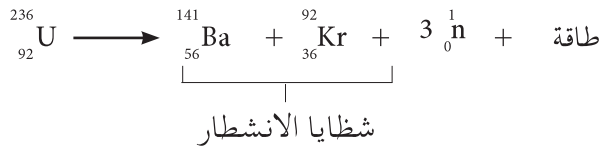
إن معادلة الكتلة - الطاقة لأينشتين تكون أكثر نفعاً عند تطبيقها على التفاعلات النووية والنشاط الإشعاعي.

الانشطار النووي

الانشطار النووي هو العملية التي تتجزأ فيها النويدات غير المستقرة الثقيلة لإنتاج طاقة. ويحتوي اليورانيوم المتواجد طبيعياً على مخلوط من النظائر يكون اليورانيوم-238 نسبة 99% منه، ويكون 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:



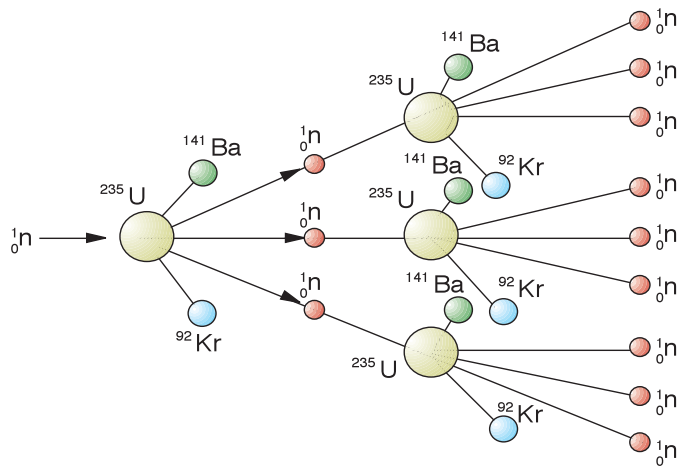
ومع ذلك فإن اليورانيوم-236 غير مستقر ويتجزأ وينشطر إلى نواتين إشعاعيتين متساويتين تقريباً، وغالباً ما يكونا باريوم وكربتون، مع إنتاج نيوترونين أو ثلاثة. والمعادلة النووية الرئيسية هي:



وإجمالي كتلة الجسيمات المنتجة (أي: ${}_{56}^{141}\text{Ba}$ ، ${}_{36}^{92}\text{Kr}$ ، $3 {}_0^1\text{n}$) على الجانب الأيمن للمعادلة أقل بكثير من كتلة النواة الأصلية (${}_{92}^{236}\text{U}$) على الجانب الأيسر للمعادلة.

يُبرَّر ذلك الفقد في الكتلة من خلال معادلة الطاقة - الكتلة لأينشتاين، بالكسب في الطاقة المنبعثة في شكل زيادة في الطاقات الحركية للجسيمات المنتجة. وتتصادم شظيتا الانشطار سريعاً الحركة مع الذرات المحيطة بها، ومن ثم ترفع طاقاتها الحركية وبالتالي درجة حرارتها. ويتسبب ذلك في إنتاج حرارة.

وتبطئ النيوترونات الثلاثة سريعة الحركة لنتج انشطاراً إضافياً بالتصادم مع نوى يورانيوم-235 أخرى لتكون يورانيوم-236 والذي يتعرض مرة أخرى للانشطار، ويولد شظايا انشطار أكثر، ونيوترونات أكثر، وطاقة أكثر. ويحدث ذلك تفاعلاً متسلسلاً، ويؤدي إلى إطلاق عملاق للطاقة. ويبين شكل 9-26 هذا التفاعل المتسلسل في الانشطار النووي والذي يُستخدم في المفاعل النووي لتوليد طاقة.



شكل 9-26 انشطار نووي

الاندماج النووي

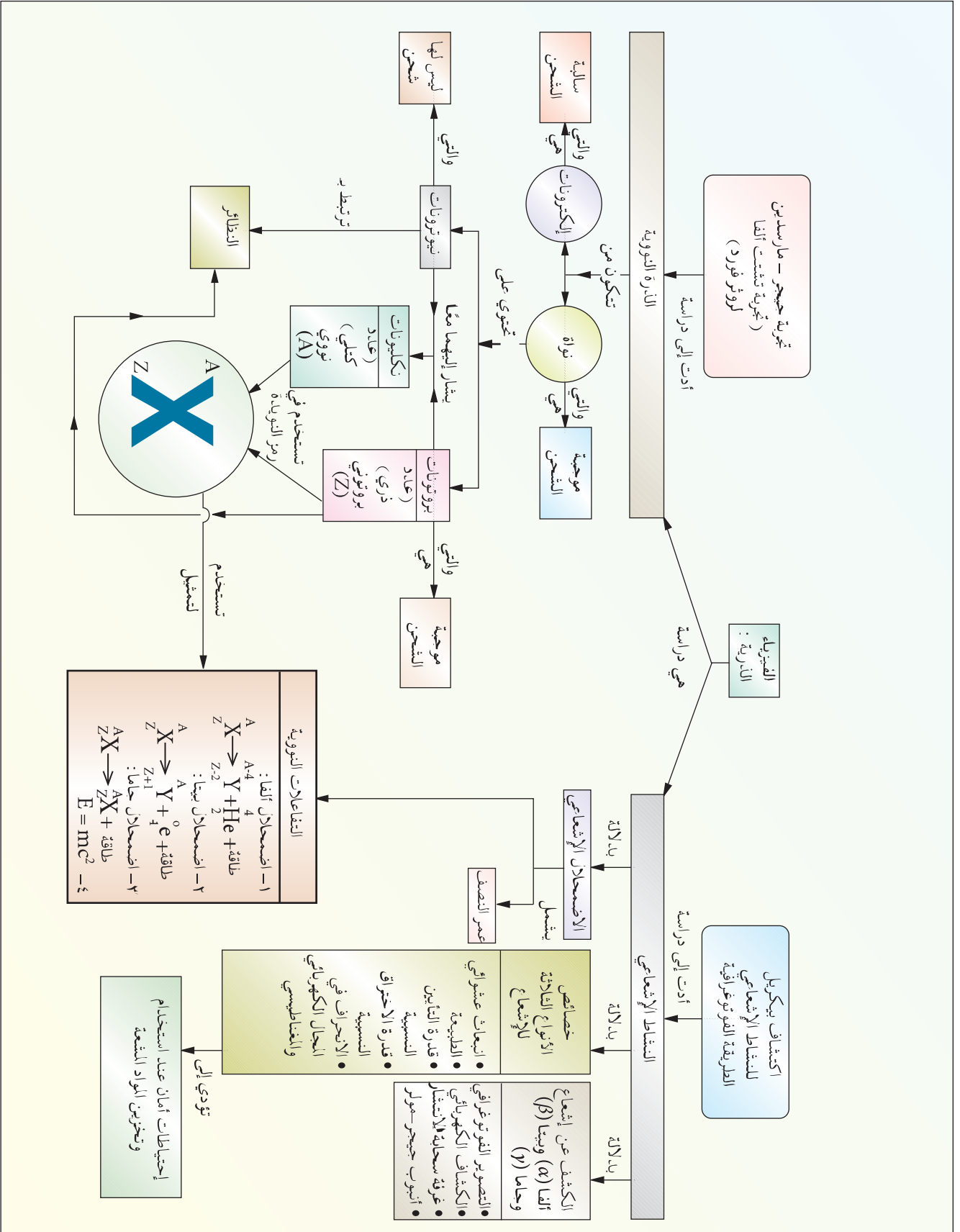
الاندماج النووي هو العملية التي تندمج فيها نويديات أخف وزناً معاً لتكوين نواة أثقل وزناً مع إطلاق طاقة. وتنتج أيضاً الطاقة المطلقة عن فقد الكتلة والتي تعطى بإجمالي كتلة النويديات الأخف مطروح منها (ناقص) كتلة النواة الأثقل المكونة. ولا زالت تجرى أبحاث لإنتاج اندماج متحكم فيه بين نظيري هيدروجين (ديوتيريوم وتريتيوم) لإنتاج هيليوم. ودرجة الحرارة المطلوبة لبدء الانصهار تكون مرتفعة لدرجة 100 مليون درجة مئوية. ويعتقد أن الاندماج هو العملية التي تنتج بها الشمس الطاقة. ويبين جدول 9-5 الفروق بين الانشطار والاندماج النووي.

الانشطار	الاندماج	
شظايا الانفجار تكون ذات كتلة أدنى بكثير من النواة الأصلية .	تتناقص الكتلة عند اندماج النوى الخفيفة معًا .	سبب الطاقة
تجزئة النواة الثقيلة (غير المستقرة) عن طريق قصفها بجسيمات متحركة، مثل : النيوترونات . التفاعل المتسلسل يُمكن من استمرار العملية . وينتج عن انشطار النواة نيوترونات كافية لإحداث انشطار نووي أكثر لنوى أخرى .	تندمج نواتان خفيفتان معًا لتكوين نواة واحدة، ويرفع درجة الحرارة تتحد النوى معًا بسرعة عالية للتغلب على التنافر .	العملية
يمكن التحكم فيه .	صعب التحكم فيه .	معدل التفاعل

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 ؟



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

.....

الجزء الأول أسئلة الاختيار من متعدد

ما العدد الكتلي، والعدد الذري، والشحنة على نواة تلك الذرة؟

الشحنة على النواة	العدد الذري	العدد الكتلي
موجبة	6	(أ) 5
موجبة	5	(ب) 11
متعادلة	5	(ج) 16
موجبة	6	(د) 16

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 ل.....

(2) يحدث إشعاع..... ولا يمكن إبطؤه 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؟

(ج) صف استخدامين للنظائر المشعة في الصناعة، أو البحث العلمي، أو الطب.

(د) ما الخطران الشائعان للإشعاع؟ صف باختصار الاحتياطات الواجب اتخاذها تجاههما.

1- جسيمات ألفا (α) هي

(أ) بروتونات موجبة الشحنة.

(ب) أيونات هيدروجين موجبة الشحنة.

(ج) نوى هيليوم موجبة الشحنة.

(د) ذرات هيليوم متعادلة.

2- تضمحل النوى المشعة ${}_{60}^{123}Y$ لتعطي ${}_{58}^{119}Z$. ما نوع الإشعاع المنبعث؟

(أ) جسيمات ألفا (α) فقط.

(ب) جسيمات بيتا (β) فقط.

(ج) 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

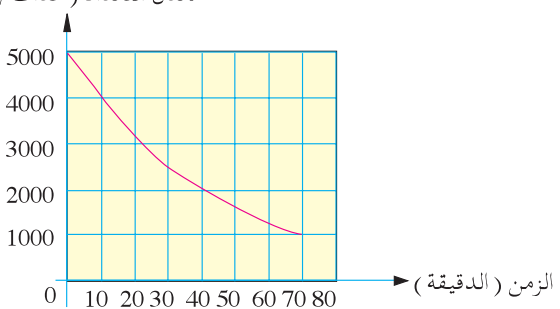
(أ) ورق

(ب) ألومنيوم

(ج) ألومنيوم

(د) رصاص

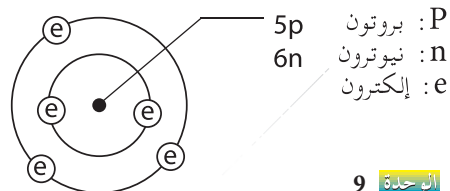
4- يبين الرسم البياني معدل التعداد لعينة مشعة مقابل الزمن.



عمر نصف العينة المشعة بالدقائق، هو:

(أ) 10 (ب) 30 (ج) 60 (د) 40

5- يمثل الرسم ذرة عنصر ما.



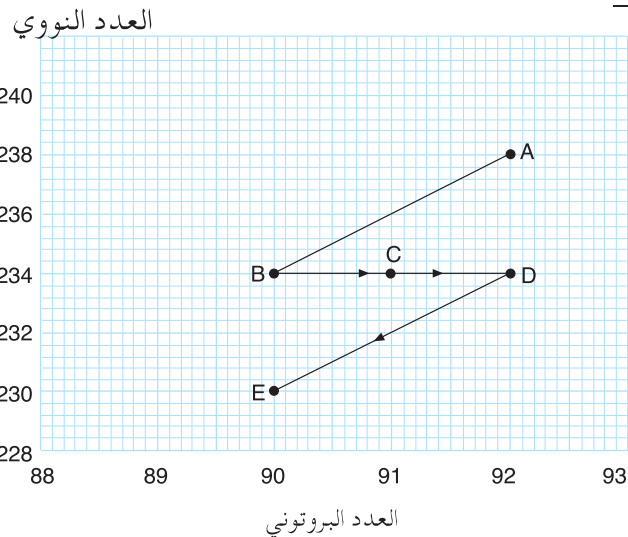
- 3 - أكمل الجدول التالي موضِّحًا الجسيمات الذرية - 7 في تجربة لتحديد عمر النصف لنواة رادون-220، تم التوصل إلى النتائج التالية بعد الأخذ في الاعتبار تعداد الخلفية:

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 الرأسى) مقابل الزمن (المحور الأفقى)، حدد عمر النصف $^{220}_{80}\text{Rn}$. وبين بوضوح على الرسم كيف تحصل على إجابتك.

- (ب) (1) ما أصل تعداد الخلفية؟
 (2) كيف يمكن تحديد تعداد الخلفية؟
 (ج) تبعث $^{220}_{80}\text{Rn}$ جزيئات ألفا (α).
 (1) ما جسيم ألفا (α)؟
 (2) عندما ينبعث جسيم ألفا من $^{220}_{80}\text{Rn}$ ، 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؟



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
 (ج) تُكوّن النواة D ونواة أخرى ذرات هي نظائر. ما النواة الأخرى؟

الاسم	الكتلة	الشحن	الرمز
إلكترون	m_e		β^- ، e^-
نيوترون	$1838 m_e$		n
بروتون	$1836 m_e$	+e	

أي مما سبق يُكوّن 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،

(ج) إن لدى الرادون عدد كتلي 222 وعدد ذري 86. اكتب الرمز الخاص بذرة الرادون.

يضمحل الرادون ببعث جسيم بيتا لتشكيل راديوم 222. اكتب المعادلة التي تمثل عملية الاضمحلال هذه.

- 6 - تضمحل النويدة $^{14}_6\text{C}$ بانبعث 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 $^{14}_6\text{C}$
 (1) مشعة.
 (2) لا تبعث جسيمات ألفا (α).
 (3) لا تبعث أشعة جاما (γ).

(ب) يقال أن انبعث جسيمات بيتا (β) من مصدر إشعاعي يكون عشوائياً. اشرح معنى ذلك بالإشارة إلى:

(1) الزمن،

(2) الاتجاه.

الإجابات

التمرين الأول

الجزء الأول

- 1- أ
2- ب
3- ج
4- د
5- ب

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) 9.7Ω تقريباً
4- (أ) 1.2 A
5- (ب) (1) 1.33Ω (2) 2.0Ω (3) 3.33Ω
6- (2) 0.2 A (3) $1.0 \times 10^{-6} \text{ J}$ ، حرارة

التمرين الثالث

الجزء الأول

- 1- أ
2- ب
3- ب
4- د

الجزء الثاني

- 1- (أ) 30Ω (ب) 0.16 A (ج) 4.8 V
2- (أ) 4 Ω (ب) (1) 2Ω (2) 1.0 A (د) 0.12 A

التمرين الرابع

الجزء الأول

- 1- د
2- أ
3- ب
4- ح
5- ج

الجزء الثاني

- 1- (أ) المكهرب (ب) عالية، منخفض (ج) المكهرب، المتعادل، الأرضي

- 0.25 A (أ) -2
 411 Ω (ج) -5
 9.36 x 10⁴ J -6
 4.0 A (أ) -7
 1000 W (ب) -8
 40 A ، 100 ، 5 kWh (ب) -8
 800 Ω (ب) (ج) 100 درهماً
 0.58 A (د)

التمرين الخامس

الجزء الأول

- أ -1
 د -4
 ج -2
 أ -5
 ب -3

الجزء الثاني

- 2 (ج) حديد
 -5 (1) N

التمرين السادس

الجزء الأول

- ب -1
 ج -4
 ج -2
 ج -5
 أ -3

الجزء الثاني

- 6 رأسياً لأعلى، التيار في السلك، قوة المجال المغناطيسي

التمرين السابع

الجزء الأول

- أ -1
 د -4
 ب -2
 أ -5
 ب -3

الجزء الثاني

- 5 (أ) (2) أصغر 0.01 A (ب)
 -7 (ب) (1) V_s = 6.25 V
 -8 (أ) (1) 8 A (ب) (2) I_s = 80 A
 32 W (3) 4 V (2) 12 800 W (ب)
 -10 (أ) لفة N_s = 400 (ب) I_p = 0.125 A

التمرين الثامن

الجزء الأول

- 1 د
-2 ب
-3 د
-4 ب
-5 ج

الجزء الثاني

0.8 A -1

5.6 MΩ (2) 1 kΩ (1) (أ) -3

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

T (3) P, Q (2) R, S (1) (أ) -6

C	B	E
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

B	D
0	1
1	0

A	C
0	1
1	0

التمرين التاسع

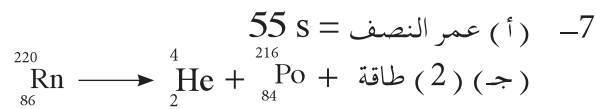
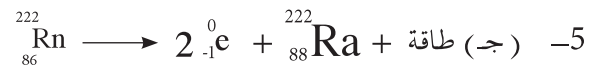
الجزء الأول

- 1 ج
-2 أ
-3 د
-4 ب
-5 ب

الجزء الثاني

- 1 (ب) (1) نظير
(2) تلقائياً
(3) ثابت
-2 (أ) e-
(ب) O
(ج) P

-4 (أ) Z تتناقص 2، A تتناقص 4
(ب) Z تزداد 1، A تبقى دون تغيير



- 8 (أ) 146 نيوترون
(ب) (1) أشعة بيتا (2) أشعة بيتا
(ج) نواة A

قائمة بمواقع شبكة المعلومات الدولية (URLs)

- الوحدة الأولى
- الكهرباء الإستاتيكية (الساكنة)
- شحن موصلين بالحث
- <http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/mmedia/estatics/itsn.html>
- شحن موصل بالحث
- <http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/mmedia/estatics/isop.html>
- الحقل الكهربائي
- http://www.bekkoame.ne.jp/~kamikawa/electricfield/elefi_e.htm
- تطبيقات الكهرومغناطيسية
- <http://www.howstuffworks.com>
- الوحدة الثانية
- الكهرباء التيارية
- الدوائر الكهربائية
- <http://www.crocodile-clips.com>
- الوحدة الرابعة
- مجموعة الدوائر الكهربائية العملية
- محطة قدرة
- <http://www.spower.com.sg>
- الوحدة السادسة
- القوة المؤثرة على موصل كهربائي في مجال مغناطيسي
- القوة على موصل يحمل تياراً
- <http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/lorentzforce.htm>
- محرك يعمل بالتيار المستمر
- <http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/electricmotor.htm>
- جسيمات مشحونة في حقل مغناطيسي
- <http://www.lightlink.com/sergey/java/java/partmagn/index.html>
- الوحدة السابعة
- التأثيرات الكهرومغناطيسية
- الحث بالمغناطيس الكهربائي
- <http://www.lightlink.com/sergey/java/java/indcur/index.html>
- مولد التيار المتردد
- <http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/generatoreng.htm>
- الخوالات
- <http://www.howstuffworks.com/inside-transformer.htm>
- جهاز تحويل القدرة الكهربائية
- <http://www.howstuffworks.com/power.htm>

الوحدة الثامنة علم الإلكترونيات التمهيدي

- دوائر البوابات المنطقية

<http://www.crocodile-clips.com>

الوحدة التاسعة النشاط الإشعاعي والذرة النووية

- العلم النووي

http://www-nsd.lbl.gov/NSD_docs/abc/home.html

- الاضمحلال الإشعاعي

<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/lawdecay.htm>

ملاحظات

ملاحظات

ملاحظات

