

الوحدة الأولى

الكهرباء و المغناطيسية

Electricity & Magnetism

نظرة شاملة:

الكهرباء مفهوم آخر للتيار الكهربائي، فباكتشافه تم صنع العديد من الأجهزة الكهربائية و الإلكترونيات التي سهّلت العديد من الأمور الحياتية، واستطاع العلماء بفضل الكهرباء الوصول إلى تقنية عالية في الصناعة.

هناك صلة وثيقة بين الكهرباء و المغناطيسية، حيث إنه بإمكان المجال المغناطيسي المتغير أن يولد تيار كهربائي بدون استخدام مصدر للجهد الكهربائي.

سيدرس الطالب في الفصل الأول من هذه الوحدة على مفاهيم جديدة في الكهرباء مثل القوة الدافعة الكهربائية و المقاومة الداخلية، وسيتعرف قوانين كيرتشف لتحويل الدوائر الكهربائية، كما سيتطرق الفصل إلى المكثفات و طرق توصيلها في الدوائر الكهربائية و كيفية حساب سعة المكثف والطاقة المخزنة فيه، بالإضافة إلى دراسته لأشباه الموصلات وخصائصها و تطبيقاتها.

أما الفصل الثاني من هذه الوحدة فسيدرس الطالب ظاهرة توليد التيار الكهربائي من مجال مغناطيسي متغير و هو ما يُعرف بالحث الكهرومغناطيسي، كما سيدرس قانونا فاراداي و قاعدة لenz اللتان تفسران الحث الكهرومغناطيسي، بالإضافة إلى دراسة التطبيقات التي تعتمد على توليد التيار الكهربائي مثل المولد الكهربائي.

إجابة أسئلة الوحدة:

- ١- لأن أحد مكونات جهاز النقل هو المكثف الذي يعمل على تخزين الشحنات، وبالتالي يحتفظ بالمعلومات والصور لفترة زمنية قصيرة بعد فصل البطارية عنه.
- ٢- لاحتواء الدوائر الكهربائية على الوصلة الثنائية (الدايود) التي تعمل على تقويم التيار المتردد و تحويله إلى تيار ثابت الشدة و موحد الاتجاه.
- ٣- بفضل اختراع الترانزستور الذي يتميز بصغر الحجم و خفة الوزن.
- ٤- المولد الكهربائي عبارة عن جهاز يعمل على تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، حيث يتكون من ملف مستطيل مثبت على محور يسمح للملف بالدوران وموضوع بين قطبي مغناطيس. وعند دوران الملف بفعل مؤثر خارجي يتغير المجال

المغناطيسي الذي يخترق الملف، وبالتالي تتولد قوة دافعة كهربائية بين طرفي الملف. أما المحرك الكهربائي فهو جهاز يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية. وتركيبه مشابه لتركيب المولد إلا أنه في هذه الحالة يتم تزويد الملف بالتيار بواسطة مصدر للقوة الدافعة الكهربائية، وبالتالي سيتأثر الملف بقوة مغناطيسية تعمل على إدارته.

٥- باستخدام المحولات الكهربائية وهي نوعان: محولات خافضة للجهد ومحولات رافعة للجهد وذلك للتحكم في قيمة الجهد المطلوب.

الفصل الأول: الكهرباء

Electricity

افتتاحية الفصل :

الكهرباء مهمة جدًا في حياتنا اليومية، حيث إننا نستفيد منها في كل لحظة من حياتنا، سواء في استخدام التلفزيون أو الثلاجة أو في استخدام الحاسب الآلي و غيرها من الأجهزة.

لقد درس الطالب في الصف الحادي عشر مفاهيم مرتبطة بالكهرباء مثل طاقة الوضع الكهربائية و الجهد الكهربائي و علاقتهما بالشغل المبذول، ودرس في مراحل سابقة طرق توصيل الدوائر الكهربائية وكيفية حساب المقاومة المكافئة و قانون أوم.

في هذا الفصل سيدرس الطالب مفاهيم أخرى في الكهرباء، وهي القوة الدافعة الكهربائية و المقاومة الداخلية، كما سيتعرض لقوانين كيرتشف لتحويل دوائر كهربائية مختلفة، بالإضافة إلى ذلك سيدرس الطالب لأول مرة موضوع المكثفات و بعض المفاهيم المرتبطة بها مثل سعة المكثف و الطاقة المخزنة فيه. و في نهاية الفصل سيتعرف الطالب مواد غير أومية و تدخل في صناعة جميع الأجهزة الإلكترونية التي نستخدمها في حياتنا اليومية و هي أشباه الموصلات.

مخرجات التعلم:

١٢-١ شرح كيفية استخدام الشحنات المنفصلة في تشغيل الدوائر الكهربائية.
أ. استرجاع العلاقة بين طاقة الوضع الكهربائية و فرق الجهد الكهربائي والشغل المبذول.

ب. شرح مفهوم القوة الدافعة الكهربائية.

التقديم والتنظيم :

- استرجع مع الطلاب المفاهيم التي درسوها في الصف الحادي عشر وهي طاقة الوضع الكهربائية و الجهد الكهربائي و الشغل المبذول، و اشرح العلاقة التي تربطهم بعضهم ببعض.

- اشرح فكرة عمل المضخة في الأنابيب المائية، ثم اطرح السؤال التالي:
يستمر سريان الماء في الأنابيب بسبب وجود فرق في ارتفاع مستوى الماء بين المستودعين، وتلعب المضخة دوراً في نقل الماء من أسفل إلى أعلى، ولكن ما سبب استمرار سريان الإلكترونات في دائرة كهربائية موضوعة على سطح طاولة (لا يوجد فرق في الارتفاع)؟ استمع إلى إجابات الطلاب، ثم وضح أن السبب هو وجود فرق في الجهد الكهربائي بسبب فقد الإلكترونات لطاقة وضعها أثناء مرورها في الدائرة واكتسابها للطاقة مرة أخرى من المصدر.

- يمكنك الاستعانة بالموقع الآتي على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية:

<http://www.school-for-champions.com/science.htm#electricity>

مخرجات التعلم:

١٢-١ شرح كيفية استخدام الشحنات المنفصلة في تشغيل الدوائر الكهربائية.

ج. شرح مفهوم المقاومة و العوامل التي تؤثر عليها.

د. تطبيق قانون أوم.

م ٣-١٢-٢ تحليل البيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية.

أ. حساب المقاومة وفرق الجهد الكهربائي وشدة التيار باستخدام قانون أوم.

التقديم و التنظيم:

- ناقش مع الطلاب ما درسوه عن قانون أوم في الصف التاسع الأساسي.
- وضح للطلاب أن المقاومة ثابتة في المواد الأومية عند ثبوت درجة الحرارة، مثل الكتلة فهي ثابتة للجسم الواحد، و يمكن زيادة مقاومة الدائرة الكهربائية بزيادة عدد المقاومات في الدائرة .
- بإمكانك تنفيذ النشاط الآتي لتوضيح تغير المقاومة بارتفاع درجة الحرارة بالنسبة إلى المواد الأومية:

نشاط (١): خصائص المواد غير الأومية

سؤال علمي: ماذا يحدث لمقاومة المواد غير الأومية بارتفاع درجة الحرارة؟
المواد والأدوات: مصباح، مصدر جهد كهربائي، أسلاك ، أميتر، جهاز لقياس المقاومة (أوميتر).

الإجراءات:

١- قم بقياس مقاومة المصباح.

٢- صل طرفي المصباح بمصدر الجهد، وصل جهاز الأميتر على التوالي بالمصباح.

٣- زد فرق الجهد بمقدار 2 V في كل مرة إلى أن تصل إلى 10 V وسجل قراءة الأميتر في كل مرة تزيد فيها فرق الجهد.
(ملاحظة: لا تزيد فرق الجهد أكثر من 12V حتى لا يؤدي ذلك إلى تلف المصباح).

التحليل و التفسير:

- ١- ارسم العلاقة البيانية بين فرق الجهد و شدة التيار.
سيحصل الطلاب على علاقة غير خطية.
- ٢- لماذا لم نحصل على علاقة خطية؟
لأن المواد غير الأومية تتغير مقاومتها بارتفاع درجة حرارتها ولا تظل ثابتة.

- وضح للطلاب من خلال المعادلة $\varepsilon = V + Ir$ أنه عندما تكون شدة التيار مساوية للصفر فإن القوة الدافعة الكهربائية تساوي فرق الجهد بين طرفي المصدر.
- اطلب إلى الطلاب أن يرسموا العلاقة بين V و I من المعادلة السابقة، ثم اسأل السؤال التالي:
- ماذا يمثل الميل من الرسم؟ و ماذا يمثل الجزء المقطوع من محور الصادات الموجب؟

إجابة اختبر فهمك (١)

- ١- (أ) عندما يكون فرق الجهد 4 V فإن قيمة المقاومة تساوي $R = \frac{V}{I} = \frac{4}{0.8} = 5 \Omega$
- (ب) يرسم الطالب العلاقة الخطية بحيث يكون فرق الجهد على المحور الصادي و شدة التيار على المحور السيني، ثم يحسب الميل الذي يمثل قيمة المقاومة.

مخرجات التعلم:

- ١-١٢ شرح كيفية استخدام الشحنات المنفصلة في تشغيل الدوائر الكهربائية.
٥. تطبيق قوانين كيرتشفوف في الدوائر الكهربائية المختلفة.
- م٢-١٢-١ تنفيذ خطوات تجربة وضبط متغيراتها.
- أ. استخدام الفولتميتر والأميتر لقياس كل من الجهد الكهربائي وشدة التيار الكهربائي في الدوائر الكهربائية.
- م٢-١٢-٢ تنظيم البيانات في أشكال وجداول تناسب مع النص أو التجربة.
- أ. رسم دوائر كهربائية وظيفية باستخدام رموز مناسبة.
- م٤-١٢-٢ تبادل الأسئلة والاهتمامات والخطط والنتائج باستخدام لغة مكتوبة أو حوار شفوي أو رموز أو صور أو أشكال أو غيرها.
- أ. اختيار وسائل عددية أو رمزية أو بيانية أو لغوية للعرض لتوصيل النتائج والاستنتاجات.

● القانون الأول لكيرتشفوف Kirchhoff's First Law

التقديم والتنظيم :

- وضح للطلاب أن الهدف من تطبيق قانون الأول لكيرتشفوف هو معرفة قيمة شدة التيار المار في كل مسار في الدائرة الكهربائية.
- اطلب إلى الطلاب تنفيذ الاستكشاف (١).

الاستكشاف (١):

الزمن المقترح: ٢٥ دقيقة

حجم المجموعة: ٤-٦ طلاب

الإجراءات:

- ١- قدم المساعدة إلى الطلاب في حالة الضرورة، و تأكد أن الدائرة الكهربائية موصلة بطريقة صحيحة.
- ٢- تأكد أن الطلاب سجلوا القراءات لشدة التيار و فرق الجهد بطريقة صحيحة.

التحليل والتفسير

١ - ستختلف القيم من مجموعة إلى أخرى و لكنها ستحقق العلاقة:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

- ٢- يدل على أن الشحنة محفوظة، أي أن عدد الشحنات الكلية التي تمر في كل ثانية متساو.

● القانون الثاني لكيرتشفوف *Kirchhoff's Second Law*

التقديم والتنظيم:

- وضح للطلاب أنه لا بد من اختيار مسار مغلق في دائرة كهربائية بحيث نبدأ من نقطة معينة و ننتهي إلى نفس النقطة عند تطبيق قانون كيرتشفوف الثاني.
- بإمكانك تنفيذ النشاط الآتي للتحقق من قانون كيرتشفوف الثاني:

نشاط (٢): التحقق من قانون كيرتشفوف الثاني

سؤال علمي: هل يحقق قانون كيرتشفوف الثاني قانون حفظ الطاقة؟

المواد و الأدوات: بطارية، مقاومة أومية عدد (٢)، أسلاك، فولتمتر عدد (٣)، مفتاح.

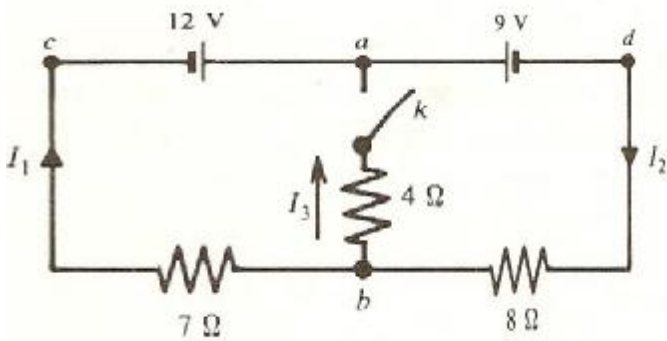
الإجراءات:

- ١- صل البطارية بالمقاومتين على التوالي.
- ٢- صل فولتميتر V مع البطارية على التوازي وصل فولتميتر V_1 مع المقاومة R_1 و الفولتميتر V_2 مع المقاومة R_2 .
- ٣- أغلق الدائرة الكهربائية و سجل قراءة كل من V و V_1 و V_2 التحليل و التفسير:

١- ماذا تلاحظ على قيم كل من V و V_1 و V_2 ؟
ستلاحظ أن $V = V_1 + V_2$ حيث تمثل V القوة الدافعة للبطارية.

- أكد للطلاب ضرورة مراعاة الإشارات السالبة و الموجبة نتيجة انخفاض أو زيادة الجهد الكهربائي للشحنات عند التحليل للدوائر الكهربائية.

مثال إضافي:



الشكل (١-١)

في الشكل المقابل، احسب كلا من I_1 و I_2 و I_3 عندما يكون المفتاح k مفتوحاً.

الحل:

بما أن المفتاح k مفتوح، إذاً I_3 تساوي صفراً.

بناء على قانون كيرتشف الأول و حسب ما هو موضح في الشكل (١-١) فإن:

$$I_1 + I_3 = I_2$$

$$I_2 = I_1 + 0 = I_1 \quad \text{أو}$$

بتطبيق قانون كيرتشف الثاني على المسار المغلق $acbdba$ نحصل على:

$$-12 + 7I_1 + 8I_2 + 9 = 0$$

$$\therefore I_1 = I_2$$

$$\therefore 15I_1 = 3$$

$$\therefore I_1 = 0.2 \text{ A} = I_2$$

(بإمكانك إعطاء الطالب نشاطاً لا صفياً لإيجاد قيمة كل من I_1 و I_2 و I_3 عندما يكون المفتاح k مغلقاً)

إجابة اختبار فهمك (٢):

١- من المسار ahdcb

$$I_1(30) + 45 - 41I_3 = 0$$

$$\therefore I_1 = \frac{45 - 41I_3}{30} = 1.5 - 1.36I_3 \rightarrow (1)$$

من المسار abcdefga

$$I_3(40) + I_3 - 45 + I_2(20) + I_2 - 80 = 0$$

$$41I_3 + 21I_2 - 125 = 0$$

$$\therefore I_2 = \frac{125 - 41I_3}{21} = 5.95 - 1.95I_3 \rightarrow (2)$$

$$I_3 = I_1 + I_2$$

بالتعويض عن قيمة I_1 و I_2

$$I_3 = (1.5 - 1.36I_3) + (5.95 - 1.95I_3)$$

$$4.31I_3 = 7.45 \rightarrow I_3 = 1.7 \text{ A}$$

بالتعويض عن قيمة I_3 في المعادلة (2) و (3) نحصل على

$$I_1 = -0.81 \text{ A}$$

$$I_2 = 2.6 \text{ A}$$

٢- (ب)

مخرجات التعلم:

١٢-١ شرح كيفية استخدام الشحنات المنفصلة في تشغيل الدوائر الكهربائية.
و. تعريف سعة المكثف و تطبيق المعادلة لحساب كمية الشحنة المخزنة على لوحى المكثف.

ز. شرح العوامل التى تعتمد عليها سعة المكثف.

م ١-١٢-١ طرح أسئلة لتسهيل عملية الاستقصاء، والتنبؤ بنتائج أحداث معينة بناء على معلومات سابقة.

أ. التنبؤ بحركة الشحنات فى موصل.

م ١٢-٢ تنفيذ خطوات تجربة وضبط متغيراتها.

أ. استخدام الفولتميتر والأميتر لقياس كل من الجهد الكهربائى و شدة التيار الكهربائى فى الدوائر الكهربائية.

ب. القيام بملاحظات نوعية لسلوك الكشاف الكهربائى عندما يتم شحنه بالتوصيل.

م ١٢-٤ تبادل الأسئلة والاهتمامات والخطط والنتائج باستخدام لغة مكتوبة أو حوار شفوي أو رموز أو صور أو أشكال أو غيرها.

أ. اختيار وسائل عددية أو رمزية أو بيانية أو لغوية للعرض لتوصيل النتائج والاستنتاجات.

التقديم والتنظيم:

– اسأل السؤال التالى: ما وجه الشبه بين المكثف و الزنبرك؟ واجعل الطلاب يناقشون الإجابة بينهم فى مجموعات ثنائية. ناقش المجموعات فى إجاباتهم، ثم وضع لهم أن كلاهما يخزن طاقة، فكما أن الزنبرك يقوم بتخزين طاقة وضع مرونية تُستخدم فى وقت لاحق، كذلك المكثف يقوم بتخزين طاقة وضع كهربائية تُستخدم لاحقاً.

- اطلب إلى الطلاب أن يصنعوا مكثفًا بسيطًا يتكون من لوحين من أي مادة موصلة.
- وضح للطلاب أن الشحنة الكلية للمكثف قبل عملية الشحن تساوي الشحنة الكلية للمكثف بعد عملية الشحن.
- بإمكانك استخدام شفافية لشرح طريقة شحن المكثف.

● مكثف متوازي اللوحين *Parallel Plates Capacitors*

التقديم والتنظيم :

- أسأل الطلاب عن سبب تولد مجال كهربائي بين اللوحين و عن نوع هذه المجال.
- استرجع مع الطلاب خصائص المجال الكهربائي المنتظم كما درسوها في الصف الحادي عشر.

خلفية علمية: أنواع المكثفات وسعة المكثف

تختلف أنواع المكثفات باختلاف المادة العازلة الموجودة فيها ، فهناك المكثف الأنوبي الذي تفصل بين ألواح مادة الورق، ومكثف ذو جهد عال يتكون من عدة ألواح تفصلها مادة الزيت، بالإضافة إلى مكثف متغير السعة حيث يكون الهواء هو المادة العازلة فيه، ويُستخدم في أجهزة الراديو عن طريق تغيير المساحة المشتركة بين الألواح.

يمكن التعبير عن سعة المكثف باستخدام مفهوم آخر و هو السماحية الكهربائية النسبية للمادة العازلة و يُرمز إليها بالرمز ϵ_r و تُعرف بأنها:

$$\epsilon_r = \frac{\text{مقدار الشحنة المخزنة في وجود المادة العازلة (C)}}{\text{مقدار الشحنة المخزنة في عدم وجود المادة العازلة (C_0)}}$$

و بالتالي يمكن كتابة سعة المكثف المتوازي اللوحين كالتالي:

$$C = \frac{A\epsilon\epsilon_r}{d}$$

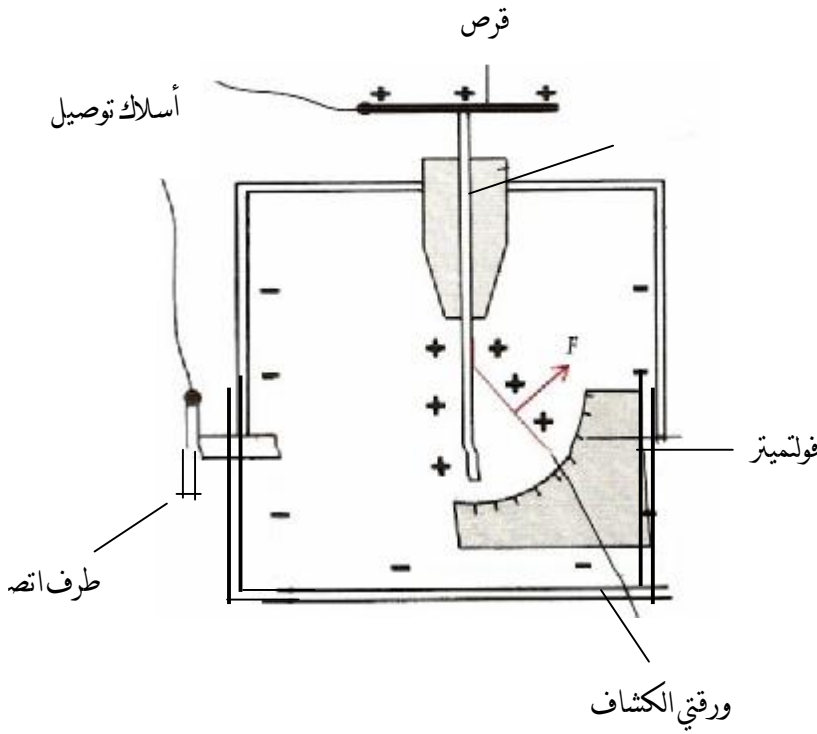
ويوضح الجدول (١-١) السماحية النسبية ϵ_r لبعض المواد العازلة:

المادة	الفراغ	الهواء	الماء	الشمع	البولسترين	البترول	الميكال	الزجاج	الخزف	الورق	المطاط	الكوارتز
ϵ_r	1	1	80	22	26	23	7	7-4	8-6	3-7	2.8	4.3

الجدول (١-١) السماحية النسبية لبعض المواد العازلة

خلفية علمية : الكشاف الكهربائي

يُستخدم الكشاف الكهربائي الموضح في الشكل (١-٢) كمؤشر على وجود فرق في الجهد بين قرص الكشاف وقاعدته حيث إن مقدار انفراج ورقتي الكشاف يعطي مؤشراً تقريبياً على فرق الجهد. في بعض الأحيان يُثبت تدريج مع الكشاف لقراءة فرق الجهد.



الشكل (١-٢)

من فوائد استخدام الكشاف الكهربائي كفولتمتر:

- ١- له مقاومة عالية جداً.
- ٢- بإمكانه أن يقيس فرق جهد عالياً جداً.

٣- له سعة صغيرة جداً تصل إلى بضعة بيكوفارادات، و بالتالي فهو يقوم بتحرير القليل من الشحنات من الموصل المشحون المتصل به.

لدراسة العوامل التي تعتمد عليها سعة المكثف اطلب إلى الطلاب إجراء الدرس العملي (١).

الدرس العملي (١) العوامل التي تعتمد عليها سعة المكثف

الإجراءات:

- تأكد من صلاحية الكشاف الكهربائي قبل إجراء التجربة.
- وجه الطلاب إلى ضرورة إجراء التجربة بدقة للحصول على النتائج.
- حذر الطلاب من عدم لمس اللوح (A) أثناء التجربة حتى تظل الشحنة ثابتة على اللوح و لا تنتقل منه.
- بإمكانك استخدام صفائح من مواد عازلة مختلفة و اطلب إلى الطلاب ملاحظة الفرق في انفراج الورقتين لكل مادة عازلة و تسجيل الملاحظات.

التحليل و التفسير:

- ١- الخطوة (٢): سيكون هناك انفراج كبير في الورقتين مما يدل على وجود فرق عال في الجهد الكهربائي بين قرص الكشاف و قاعدته.
 - الخطوة (٤): عند اقتراب اللوح B من اللوح A يقل انفراج الورقتين مما يدل على انخفاض الجهد بين اللوحين أي زيادة السعة الكهربائية للمكثف. أما عند إبعاد اللوح B عن اللوح A (أي زيادة المسافة التي كانت بينهما في بداية التجربة) يزداد انفراج الورقتين أي تقل سعة المكثف.
 - الخطوة (٥): كلما قلت المسافة المشتركة بين اللوحين قل انفراج الورقتين أي قل الجهد بين اللوحين أي تزداد سعة المكثف.
 - الخطوة (٦): عند وجود مادة عازلة بين اللوحين يقل انفراج الورقتين أي تزداد سعة المكثف.
- ٢- حتى تبقى الشحنة ثابتة على اللوح طوال التجربة.

مثال إضافي:

لوحان متوازيان، المسافة العمودية بينهما تساوي 10 cm و فرق الجهد بينهما 28 V ، تم تعليق كرة صغيرة كتلتها 0.6 g بواسطة حبل من اللوح العلوي. بفرض أن الكرة في حالة اتزان كم يكون مقدار الشد في الحبل إذا كانت الكرة تحمل شحنة مقدارها 20 μF ؟

الحل:

بما أن الكرة في حالة اتزان إذاً قوة الوزن المؤثرة إلى أسفل تساوي قوة الشد المؤثرة على الكرة إلى أعلى، إلا أن القوة الكهربائية قد يكون اتجاهها إما إلى أعلى وإما إلى أسفل، و بالتالي فإن:

$$T = mg \pm qE$$
$$= (6 \times 10^{-4})(9.8) \pm 20 \times 28 \times 0.1$$

$$\therefore T = 11.5 \text{ mN}$$

أو

$$T = 0.28 \text{ mN}$$

إجابة اختبار فهمك (٣):

١- عند فصل البطارية لن يكون هناك مصدر للشحنة، و بالتالي ستبقى الشحنة على لوحى المكثف بحيث لا يمكن إلغاؤها أو إضافة المزيد من الشحنات أي أنها تبقى ثابتة. أما فرق الجهد بين اللوحين فسيتغير، و كذلك السعة بحيث حاصل ضربهما ($Q = CV$) يكون مقداراً ثابتاً.

٢- نعم، لأن الشحنة كمية محفوظة.

٣- نبدأ من الوحدة F/m كالتالي

$$\frac{F}{m} = \frac{C}{V.m} = \frac{C}{J/C} = \frac{C^2}{J} = \frac{C^2}{(N.m)m} = C^2 / N.m^2$$

مخرجات التعلم:

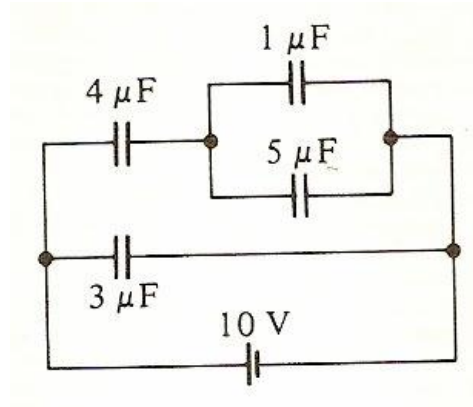
- ١-١٢ شرح كيفية استخدام الشحنت المنفصلة في تشغيل الدوائر الكهربائية.
- ح. وصف سعة المكثفات الموصلة على التوالي و الموصلة على التوازي.
- م٣-١٢-٢ تحليل البيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية.
- ب. حساب السعة المكافئة للمكثفات الموصلة على التوازي و على التوالي

التقديم والتنظيم:

- استرجع مع الطلاب خصائص توصيل الدوائر الكهربائية على التوالي و على التوازي باستخدام خارطة مفاهيم مبسطة.
- وضح للطلاب أنه في حالة التوصيل على التوالي فإن كل مكثف يخزن نفس المقدار من الشحنة.

مثال إضافي:

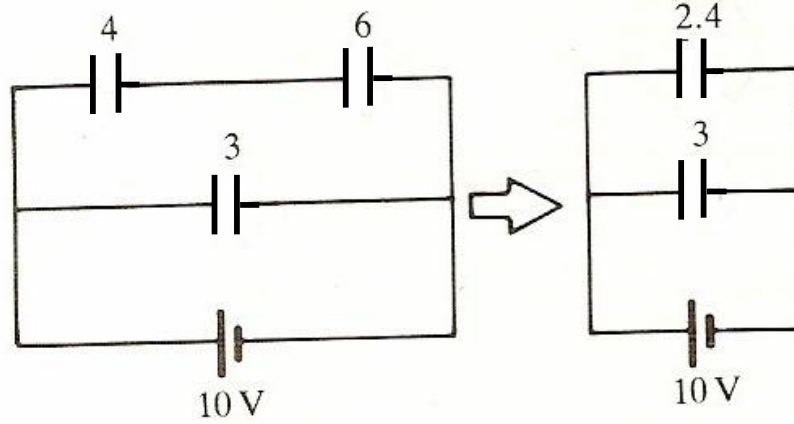
- احسب السعة المكافئة في الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل (١-٣)، ثم احسب شحنة المكثف الذي سعته $4 \mu F$.



الشكل (١-٣)

الحل:

قم بتبسيط الدائرة الكهربائية كما هي موضحة في الشكل (١-٤) لحساب قيمة السعة المكافئة و التي ستساوي $5.4 \mu F$



الشكل (١-٤)

شحنة المكثف الذي سعته $4 \mu F$ هي نفس شحنة المكثف الذي سعته $2.4 \mu F$ في الشكل (١-٤).

بما أن فرق الجهد بين طرفي المكثف الذي سعته $2.4 \mu F$ يساوي $10 V$ ، إذاً

$$Q = CV \\ = 2.4 \times 10 = 24 \mu C$$

إجابة اختبار فهمك (٤):

١- إذا كانت المكثفات متساوية في السعة فإن السعة المكافئة تكون كالتالي:

أ) في التوصيل على التوازي

$$C = nC \text{ (السعة المكافئة)}$$

حيث n عدد المكثفات

$$C = 3 \times 4 = 12 \mu F$$

ب) في التوصيل على التوالي

$$C = \frac{n}{C} = \frac{3}{4} = 0.75 \mu F \text{ (السعة المكافئة)}$$

مخرجات التعلم:

١٢-١ شرح كيفية استخدام الشحنات المنفصلة في تشغيل الدوائر الكهربائية.
ط. تحديد الطاقة المحفوظة في المكثف متوازي اللوحين.

التقديم والتنظيم :

- اطرح الأسئلة التالية وناقش الطلاب في إجابة كل سؤال قبل الانتقال إلى السؤال الذي يليه، و بإمكانك تقسيم الطلاب إلى مجموعات ثنائية.
- عندما تقوم بشحن بطارية جهاز النقل أو بطارية الحاسب الآلي المحمول، ما الذي يحدث في هذه العملية؟
- هل كل الطاقة التي تكتسبها الشحنات تحتزن في المكثف؟
- على أي شكل تحتزن الطاقة الكهربائية في المكثف؟

خلفية علمية : طاقة المجال الكهربائي

يمكن شحن المكثف عن طريق نقل الإلكترونات مباشرة من لوح لآخر، و هذا يتطلب بذل شغل في عكس اتجاه المجال الكهربائي المتكون بين اللوحين، و بالتالي يمكننا القول إن هناك طاقة مخزنة في منطقة المجال الكهربائي، أي في المنطقة ما بين اللوحين.

إذا اعتبرنا أن لוחي المكثف يبعدان عن بعضهما بعضاً مسافة d و مساحة كل منهما A فإن الطاقة المخزنة لوحدة الحجم u تساوي:

$$u = \frac{\frac{1}{2} CV^2}{Ad}$$

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \text{و} \quad V = Ed \quad \text{باستخدام المعادلتين}$$

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad \text{نحصل على}$$

و تنطبق المعادلة السابقة على جميع أنواع المكثفات في الفراغ. و الجدير بالذكر أن طاقة المجال الكهربائي ليست طاقة جديدة، و إنما هي تفسير آخر لطاقة الوضع الكهربائية المخزنة في المكثف.

إجابة اختبار فهمك (٥):

١- بزيادة المسافة بين اللوحين إلى $2d$ تنقص السعة الكهربائية إلى النصف حسب المعادلة

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

و من المعادلة $E = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ إذا نقصت السعة إلى النصف تزداد طاقة الوضع المخزنة إلى الضعف.

$$PE = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_0 A}{d} \right) (E^2 d^2) \quad -2$$

$$PE = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 Ad$$

٧-١ أشباه الموصلات Semiconductors

مخرجات التعلم:

١٢-١ شرح كيفية استخدام الشحنات المنفصلة في تشغيل الدوائر الكهربائية.

ي. تذكر الفرق بين المواد الموصلة و المواد العازلة.

ك. وصف أشباه الموصلات و بعض تطبيقاتها.

ل. شرح تطبيقات الدايود و تقديم أمثلة لتطبيقات الترانزستور.

م ٢-١٢-١ تنفيذ خطوات تجربة وضبط متغيراتها.

أ. استخدام الفولتميتر والأميتر لقياس كل من الجهد الكهربائي و شدة التيار الكهربائي في الدوائر الكهربائية.

م ٤-١٢-٢ تبادل الأسئلة والاهتمامات والخطط والنتائج باستخدام لغة مكتوبة أو حوار شفوي أو رموز أو صور أو أشكال أو غيرها.

أ. اختيار وسائل عددية أو رمزية أو بيانية أو لغوية للعرض لتوصيل النتائج والاستنتاجات.

التقديم والتنظيم:

- قسّم الطلاب إلى مجموعات ثم اطلب من كل مجموعة قبل شرح الموضوع بأسبوع البحث في مصادر مختلفة عن معلومات معينة عن أشباه الموصلات بحيث تقوم كل مجموعة بالبحث في مجال مختلف عن المجموعات الأخرى.
- اطلب إلى كل مجموعة أن تختار اثنين من أعضائها لكي يقوموا بشرح و عرض المعلومات بأي طريقة تحددها المجموعة.
- ناقش الطلاب في المعلومات التي تُعرض و اشرح النقاط المهمة في الموضوع.
- بيّن للطلاب أهمية أشباه الموصلات ووضح لهم أن حجم جهاز الحاسب الآلي عندما اخترع كان بحجم الغرفة التي يجلس فيها، و بفضل اكتشاف أشباه الموصلات الصغيرة في الحجم أصبح من الممكن صناعة حاسب آلي صغير في الحجم كما نراه في هذه الأيام.
- وضح لهم أهمية الدايود في الأجهزة الإلكترونية الذي يحول التيار المتردد الذي تمدنا به خطوط النقل إلى تيار مستمر.

خلفية علمية : الوصلة الثنائية

لكل وصلة ثنائية جهد كهربائي يُسمى بحاجز الجهد، و عند توصيل الوصلة توصيلاً أمامياً فلا بد أن يكون جهد المصدر أكبر من حاجز الجهد حتى يمر التيار الكهربائي، و تبلغ قيمة حاجز الجهد للوصلة المصنوعة من السيلكون 0.7 V أما وصلة الجرمانيوم

فتبلغ قيمة حاجز الجهد 0.3 V عند درجة حرارة 25°C ، و بمجرد أن تتجاوز قيمة جهد المصدر لحاجز الجهد فإن ذلك يؤدي إلى ارتفاع سريع في شدة التيار الكهربائي.

أما في حالة التوصيل العكسي فيمر تيار صغير جداً (يصل إلى 10^{-11} A لوصلة السيلكون) إلا أن هذا التيار يُهمل بسبب صغر مقداره، وإذا تمت زيادة قيمة الجهد في التوصيل العكسي فعند قيمة معينة للجهد تتلف الوصلة و تصبح غير صالحة للاستعمال، لذلك تُسمى الوصلة بالصمام الثنائي، أي أنها تسمح للتيار بالمرور في اتجاه واحد فقط.

- اطلب إلى الطلاب البحث في استخدامات أخرى للوصلة الثنائية تختلف عن التي هي مذكورة في الكتاب المدرسي.
- اطلب إليهم البحث في استخدامات الوصلة الثنائية الضوئية في مختلف مجالات الحياة .
- ا طرح السؤال التالي: لماذا لا تُستخدم المصابيح العادية في إشارات المرور؟
(الجواب: لأنها تتميز بـمميزات عديدة، مثل أنها لا تتلف بسرعة، و صغيرة الحجم و غيرها).

إجابة اختبار فهمك (٦):

١- عندما تضئ الوصلة بشكل أسرع فإن السائق في السيارة الخلفية سينتبه بسرعة إلى ضغط الكابح في السيارة الأمامية، وبالتالي سيتمكن هو بدوره من ضغط الكابح في الفترة المناسبة، وهذا يؤدي إلى تجنب الحوادث قدر الإمكان.

الاستكشاف (٢): إشارات المرور

الزمن المقترح: ٢٥ دقيقة

حجم المجموعة: ٤-٦ طلاب

الإجراءات:

- وجّه الطلاب إلى الطريقة السليمة لتوصيل الوصلة الشائبة الضوئية.

- بين لهم كيفية التمييز بين الأنود و الكاثود.

التحليل و التفسير:

١- يعتمد على نوع الوصلة إلا أنها عادة ما تعمل على جهد $2 V$

٢- لا تضيء الوصلة لأنها موصلة توصيلاً عكسياً و بالتالي تكون مقاومتها كبيرة جداً فلا تسمح بمرور التيار الكهربائي.

٣- توصل ثلاث وصلات ضوئية (أحمر، أصفر، أخضر) على التوازي باستخدام مصدر جهد متردد، وتكون طريقة التوصيل بحيث عند فترة زمنية معينة تكون إحدى الوصلات موصلة توصيلاً أمامياً فتضيء، بينما الأخريات موصلات توصيلاً عكسياً فلا يضيئان، و بعد فترة زمنية يتغير نوع الوصلة الضوئية الموصلة توصيلاً أمامياً فتضيء تلك و لا تضيء الأخريات و هكذا.

- أعط بعض التطبيقات العملية لاستخدامات الترانزستور في الأجهزة الإلكترونية مثل البوابات الإلكترونية و أجهزة الإنذار و مكبرات الصوت.

- اجلب معك في الصف دائرة متكاملة كتطبيق لاستخدام الترانزستور و بقية المكونات الإلكترونية.

خلفية علمية : جهاز النقل

جهاز الهاتف النقل يحتوي على المئات من المكونات الإلكترونية، كالترانزستورات التي تعمل على تكبير الجهد، و الوصلات الثنائية التي تحافظ على مستوى مناسب للجهد في الدائرة، بالإضافة إلى المكثفات التي تعمل على تخزين الشحنات، وبالتالي تسمح للجهاز بتخزين بيانات معينة مثل أرقام الهواتف لفترة زمنية قصيرة حتى لو تم فصل البطارية. و من دون هذه المكونات لما تمكن الهاتف النقل من عمل هذه الوظائف.

حل أسئلة الفصل

السؤال الأول

رقم المفردة	الإجابة
١	د
٢	ج
٣	ج
٤	د
٥	أ
٦	ب
٧	أ
٨	د
٩	ج
١٠	ب

السؤال الثاني:

١- في الخلية الجافة تتركز الشحنات السالبة في قطب و الشحنات الموجبة في القطب الآخر، كذلك في المكثف تتركز الشحنات الموجبة في لوح بينما تتركز الشحنات السالبة في اللوح الآخر. أما وجه الاختلاف فإن الخلية الجافة لا تحتزن شحنات كهربائية أو طاقة كهربائية بعكس المكثف الذي يحتفظ بشحنته لفترة زمنية بعد فصل المصدر عنه.

٢- عن طريق تقليل المساحة المشتركة بين لوحي المكثف، و بالتالي تقل سعة المكثف و يزداد فرق الجهد بين طرفي المكثف وهكذا تزداد شدة المجال الكهربائي.

٣- لأن الأرض كبيرة جداً، و بالتالي فهي تستطيع استقبال أو تزويد عدد لا

نهائي من الشحنات دون تغيير يذكر في جهدها الكهربائي.

$$E = \frac{1Q^2}{2C} = \frac{1}{2} Q^2 \frac{d}{\epsilon_0 A} \quad \text{٤- ستتضاعف الطاقة المخزنة حسب العلاقة}$$

٥- لأن المكثف قد يحتفظ بشحنته لفترة طويلة بعد فصل المصدر عنه، و إذا تم لمسه فإن هذه الشحنات ستنتقل من خلال جسم الإنسان إلى الأرض، وهو ما قد يسبب موت الإنسان، لذا حتى نكون في أمان عند لمس المكثف لا بد من توصيله مسبقاً بمادة موصلة حتى يتم تفريغه من الشحنات.

$$\frac{V}{m} = \frac{J}{C.m} = \frac{N.m}{C.m} = N/C \quad \text{٦-}$$

٧- من صفر إلى +1.0 mA

٨-

الوصلة الثنائية	المقاومة	مجال المقارنة
يتم توصيلها بطريقة التوصيل الأمامي الذي يسمح بمرور التيار و بطريقة التوصيل العكسي الذي لا يسمح بمرور التيار الكهربائي.	يتم توصيلها إما عن طريق التوالي وإما بالتوازي و يمر تيار كهربائي في الحالتين.	طريقة التوصيل و مرور التيار
التحكم في اتجاه التيار الكهربائي المار في الدائرة.	التحكم في مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة الكهربائية.	الوظيفة
يؤثر التغير في درجة الحرارة على قيمة مقاومة الوصلة، فكلما زادت درجة الحرارة قلَّت مقاومة الوصلة.	لا تؤثر درجة الحرارة على قيمة المقاومة و تبقى ثابتة.	تأثير درجة الحرارة

السؤال الثالث:

١ - يتضح من المعادلة $V = \varepsilon - Ir$ أن الجزء المقطوع من محور الصادات الموجب يمثل القوة الدافعة الكهربائية، و أن الميل يمثل قيمة المقاومة الداخلية.

أ) من المنحنى $\varepsilon = 1.5 \text{ V}$

ب) الميل = المقاومة الداخلية $r = \frac{1.5 - 0.5}{1 - 0} = 1\Omega$

٢ - لنفترض أن التيار المار في المقاومة 1Ω يساوي x واتجاهه كما هو موضح في الشكل (١-٣٧) في كتاب الطالب، و أن التيار المار في المقاومة 2Ω يساوي y واتجاهه موضح في نفس الشكل، و بالتالي فإن التيار المار في المقاومة 3Ω يساوي $x + y$ في الاتجاه الموضح في الشكل.

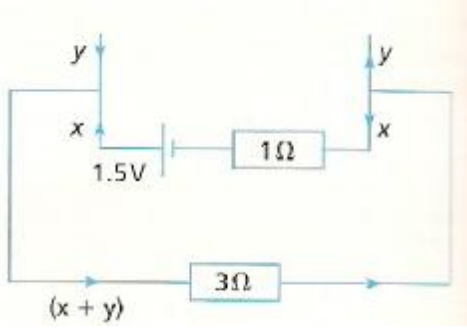
أولاً: المسار الموضح في الشكل (١-٥ أ):

من قانون كيرتشوف الثاني:

$$-x + 1.5 - 3(x+y) = 0$$

$$1.5 = x + 3(x+y)$$

$$1.5 = 4x + 3y \quad (1)$$



الشكل (١-٥ أ)

ثانياً: المسار ghijklg في الشكل (١-٥ ب):

من قانون كيرتشوف الثاني:

$$-2y + 2 - 3(x+y) = 0$$

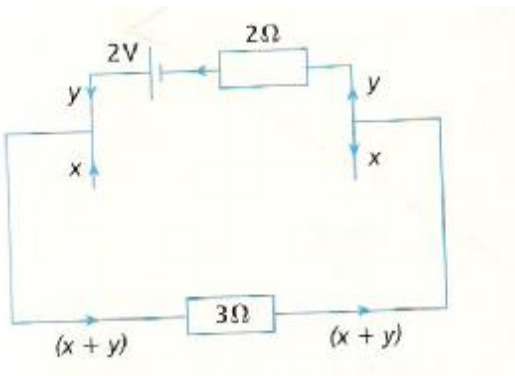
$$2 = 2y + 3(x+y)$$

$$2 = 5y + 3x \quad (2)$$

بضرب المعادلة (1) في 3 و المعادلة (2) في 4 نحصل على

$$4.5 = 12x + 9y \quad (3)$$

$$8 = 12x + 20y \quad (4)$$



الشكل (١-٥ ب)

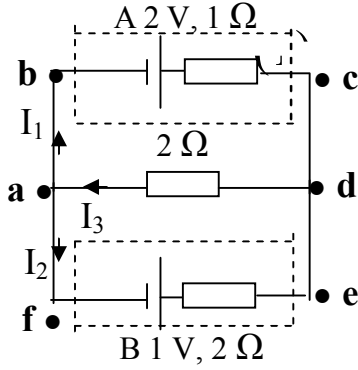
بطرح المعادلتين (3) و (4) نحصل على

$$y = 3.5/11 = 0.32 \text{ A}$$

بالتعويض عن قيمة y في المعادلة (1) نحصل على $x = 0.135 \text{ A}$

(يمكن التعويض عن قيمة y في المعادلة (2) و ستحصل على نفس النتيجة)

٣- لا بد من تسمية التيار في كل مسار و افتراض اتجاه كل منهما بحيث يتماشى مع قانون كيرتشف الأول



$$I_3 = I_1 + I_2$$

أولاً: المسار abcd

من قانون كيرتشف الثاني

$$2 - I_1 - 2I_3 = 0$$

$$I_1 = 2 - 2I_3 \quad (2)$$

الشكل (١-٦)

ثانياً : المسار afeda

$$1 - 2I_2 - 2I_3 = 0$$

$$I_2 = \frac{1}{2} - I_3 \quad (3)$$

بالتعويض عن المعادلة (2) و (3) في المعادلة (1) نحصل على

$$4I_3 = 1.5$$

$$I_3 = 1.5/4 = 0.375 \text{ A}$$

٤- نطبق القانون الثاني لكيرتشوف على الدائرة الكهربائية في الشكل (١-٣٩ أ) في كتاب الطالب:

$$\begin{aligned}\varepsilon - I(r) - I(R_1) &= 0 \\ \varepsilon - 0.3(r) - 0.3(4) &= 0 \\ \varepsilon &= 0.3r + 1.2 \quad (1)\end{aligned}$$

نحسب المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية في الشكل (١-٣٩ ب) في كتاب الطالب ثم نطبق القانون الثاني لكيرتشوف:

بما أن المقاومتين متصلتان على التوازي، إذن فالمقاومة المكافئة تساوي:

$$\begin{aligned}\frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \Omega^{-1} \\ \therefore R &= 2 \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon - I(r) - I(R) &= 0 \\ \varepsilon &= 0.5r + 0.5(2) \\ \varepsilon &= 0.5r + 1.0 \quad (2)\end{aligned}$$

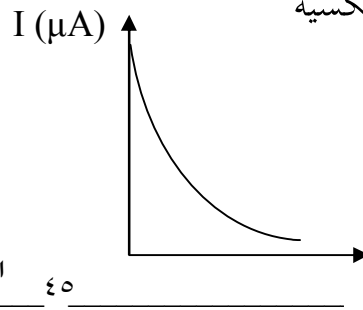
في المعادلتين (1) و (2) الطرف الأيسر متساو، إذن الطرف الأيمن أيضاً متساو

$$\begin{aligned}0.3r + 1.2 &= 0.5r + 1.0 \\ 0.2 &= 0.2r \\ r &= 1 \Omega\end{aligned}$$

بالتعويض عن قيمة r في المعادلة (١)

$$\begin{aligned}\varepsilon &= 0.3r + 1.2 \\ &= 0.3(1) + 1.2 \\ \therefore \varepsilon &= 1.5 \text{ V}\end{aligned}$$

٥- أ) العلاقة عكسية



ب) المساحة تحت المنحنى تمثل القيمة التقريبية للشحنة المختزنة، و عند رسم المنحنى بدقة على ورقة الرسم البياني فإن المساحة تحت المنحنى تساوي عدد المربعات تحت المنحنى و تساوي تقريباً $15 \mu C$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{15}{1.5} = 10 \mu F \quad (ج)$$

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = 8.85 \times 10^{-12} \frac{1 \times 10^6}{800} = 1.11 \times 10^{-8} F \quad (أ) \quad -٦$$

$$V = Ed = 2 \times 10^6 \times 800 = 1.6 \times 10^9 V \quad (ب)$$

$$Q = CV = (1.11 \times 10^{-8})(1.6 \times 10^9) = 17.76 C$$

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = 8.85 \times 10^{-12} \frac{2}{5 \times 10^{-3}} = 3.54 \times 10^{-9} F \quad (أ) \quad -٧$$

$$Q = CV = (3.54 \times 10^{-9})(10 \times 10^3) = 3.54 \times 10^{-5} C \quad (ب)$$

$$E = \frac{V}{d} = \frac{10 \times 10^3}{5 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^6 N/C \quad (ج)$$

الفصل الثاني: الحث الكهرومغناطيسي

Electromagnetic Induction

افتتاحية الفصل :

إن معظم الأجهزة والآلات الحديثة كالحاسوب والغسالة تحتوي في داخلها دوائر كهربائية، ونحن نعلم من الفصل السابق أن التيار حتى يمر في الدائرة الكهربائية يتطلب قوة دافعة كهربائية يزودنا بها مصدر التيار كالبطارية مثلاً. ولكن في الغالبية العظمى من الأجهزة الكهربائية المستخدمة في الصناعة أو في المنزل فإن مصدر القوة الدافعة الكهربائية ليس البطارية وإنما محطات توليد الطاقة الكهربائية. وهذه المحطات تنتج الطاقة الكهربائية عن طريق تحويل أشكال أخرى من الطاقة مثل طاقة الوضع الثقالية وطاقة المياه والطاقة الكيميائية والطاقة النووية إلى طاقة كهربائية. لكن ما المبدأ الفيزيائي الذي يتم من خلاله إنتاج الطاقة الكهربائية في هذه المحطات؟ الإجابة هي مبدأ الحث الكهرومغناطيسي الذي سيتم التعرض له في هذا الفصل بشيء من التفصيل بالإضافة إلى تطبيقاته العملية.

مخرجات التعلم:

١٢-٢ شرح التفاعلات التي تحدث بين المجالات الكهربائية والمغناطيسية.

أ. وصف تجارب فاراداي التي أدت إلى استنتاج أن التغير في المجال المغناطيسي يولد قوة دافعة كهربائية.

التقديم والتنظيم:

- استرجع معلومات الطلاب السابقة عن الحث الكهرومغناطيسي التي درسوها

في الصف الحادي عشر حيث يمكنك طرح بعض الأسئلة مثل:

- هل يمكن إنتاج تيار كهربائي بفعل المجال المغناطيسي؟
- ما المقصود بالحث الكهرومغناطيسي؟
- يمكنك إجراء الاستكشاف رقم (٥) في الفصل الثامن من كتاب الفيزياء للصف الحادي عشر، وذلك لتوضيح كيفية تكون التيار الحثي والقوة الدافعة الكهربائية الحثية.

- أكد للطلاب أهمية اكتشاف العالمين فاراداي وهنري وكيف أدت تطبيقاته إلى تغيير العالم.

- ذكّر الطلاب بما درسوه في الصف الحادي عشر عن القوة المغناطيسية، حيث إن الشحنات الكهربائية المتحركة تتعرض لقوة مغناطيسية $F = qvB \sin \theta$ ، وأكبر قيمة لهذه القوة هي $F = qvB$. وعندما تكون الشحنات ساكنة فإنها لا تتعرض لأي قوة مغناطيسية.

- وضح للطلاب أنه بزيادة عدد لفات السلك الذي يقطع خطوط المجال المغناطيسي تزداد القوة الدافعة الحثية، وبالتالي تزداد شدة التيار المار في السلك.

- اشرح للطلاب قاعدة اليد اليمنى لفلمنج، وتأكد من قدرتهم على تطبيق هذه القاعدة في تحديد اتجاه التيار الحثي.

خلفية علمية : طرق توليد التيارات التأثيرية

عند إحداث تغير في الفيض المغناطيسي الذي يجتاز موصلاً تتولد فيه قوة دافعة تأثيرية تؤدي إلى مرور تيار كهربائي فيه. ويحدث ذلك بطريقتين مختلفتين هما:

تغير في شدة التيار ينتج عنها تغير في شدة المجال المغناطيسي	الحركة ينتج عنها قطع لخطوط المجال المغناطيسي
١- فتح أو غلق دائرة ابتدائية مجاورة لأخرى ثانوية.	١- حركة مغناطيس داخل وخارج ملف حلزوني.
٢- زيادة أو إنقاص تيار دائرة ابتدائية مجاورة لأخرى ثانوية.	٢- حركة سلك مستقيم في مجال مغناطيسي
٣- تغيير مقاومة دائرة ابتدائية مجاورة لأخرى ثانوية.	٣- حركة ملف ابتدائي يمر به تيار داخل وخارج ملف ثانوي.

إجابة اختبار فهمك (١):

$$\Phi_B = BA \cos \theta = (1.25)(0.10)^2 \cos 35^\circ = 0.0102 \text{ Wb}$$

٢-٢ قانون لenz Lenz's law

مخرجات التعلم:

١٢-٢ شرح التفاعلات التي تحدث بين المجالات الكهربائية والمغناطيسية.

ج- تطبيق قانون لenz لتحديد اتجاه التيار المتولد بالحث الكهرومغناطيسي في مواقف متعددة بما في ذلك القوة الدافعة الكهربائية الحركية.

١٢-٣ تحليل البيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية.

ج. استخدام قانون فاراداي وقانون لenz لحل المسائل المتعلقة بالقوة الدافعة الكهربائية الحثية والتيار الحثي.

التقديم والتنظيم :

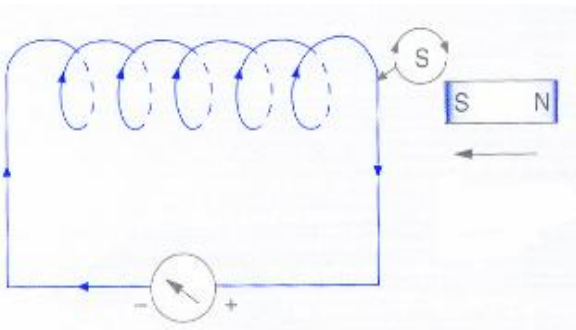
- قبل البدء في هذا الموضوع تأكد من فهم الطلاب لطرق توليد تيار كهربائي في دائرة.

- قم بعملية عصف ذهني للطلاب، وذلك بكتابة قانون فاراداي على السبورة، ثم توجيه سؤال مثل: ما سبب وجود الإشارة السالبة في القانون؟. ناقش الطلاب في إجاباتهم ثم أخبرهم أن الموضوع الذي سيدرسونه اليوم سيوضح لهم سبب وجود هذه الإشارة السالبة.

- استرجع معلومات الطلاب السابقة حول القوة المغناطيسية المؤثرة على ملف يتحرك في مجال مغناطيسي وقاعدة اليد اليمنى الثانية وقاعدة (N - S) التي درسوها سابقا.

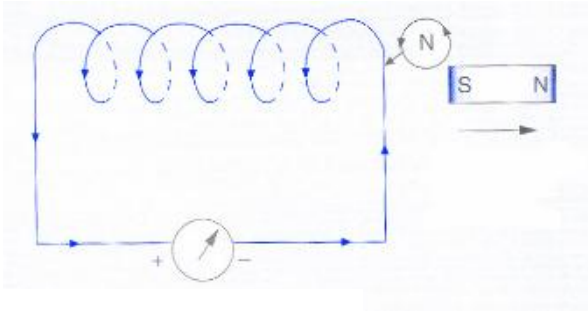
إجابة اختبار فهمك (٢):

- في الشكل (٢-١٠) سيكون اتجاه التيار كما هو موضح في الرسم؛ حيث أن تقريب المغناطيس من الملف سيؤدي إلى زيادة الفيض



الشكل (٢-١٠)

المغناطيسي الذي يخترق الملف فيتولد تيار حثي ينتج مجالاً مغناطيسياً يكون اتجاهه بحيث يعاكس هذه الزيادة (الملف يحاول إبعاد المغناطيس) ، وبالتالي سيكون الملف مغناطيساً قطبه الجنوبي قريب من المغناطيس الأصلي بحيث يحدث تنافر بينه وبين المغناطيس الأصلي ، وباستخدام قاعدة اليد اليمنى الثانية تم تحديد اتجاه التيار ليكون كما بالشكل الموضح.



الشكل (٢-١٠ ب)

- في الشكل (٢-١٠ ب) سيكون اتجاه التيار كما هو موضح في الرسم؛ حيث إن إبعاد المغناطيس عن الملف سيؤدي إلى نقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف فيتولد تيار حثي

ينتج مجالاً مغناطيسياً يكون اتجاهه بحيث يعاكس هذا النقص (الملف يحاول تقريب المغناطيس)، وبالتالي سيكون الملف مغناطيساً قطبه الشمالي قريب من المغناطيس بحيث يحدث تجاذب بينه وبين المغناطيس الأصلي، وباستخدام قاعدة اليد اليمنى الثانية تم تحديد اتجاه التيار ليكون كما بالشكل الموضح.

٢-٣ القوة الدافعة التأثيرية المتولدة في موصل متحرك *EMF Induced in a Moving Conductor*

مخرجات التعلم:

١٢-٢ شرح التفاعلات التي تحدث بين المجالات الكهربائية والمغناطيسية.

ب- وصف تولد القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية عن طريق تغير الفيض المغناطيسي أو تغير مساحة الدائرة الكهربائية الكاملة لموصل.

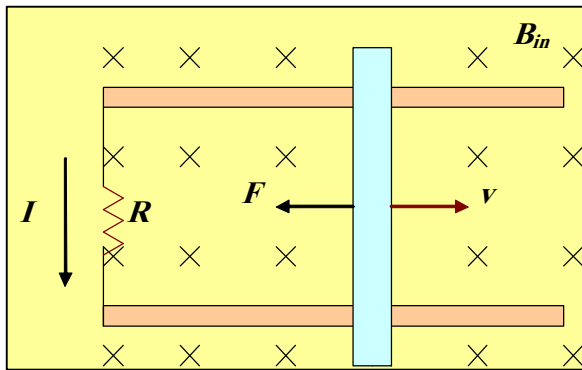
ج- تطبيق قانون لير لتحديد اتجاه التيار المتولد بالحث الكهرومغناطيسي في مواقف متعددة بما في ذلك القوة الدافعة الكهربائية الحركية.

التقديم والتنظيم:

- راجع مع الطلاب كيفية توليد تيار تأثيري من المجال المغناطيسي.
- وضح للطلاب أنه يمكن توليد تيار تأثيري في ملف إذا تم تغيير المساحة التي تخترقها خطوط الفيض المغناطيسي، واستنتج معهم خطوة بخطوة القوة الدافعة التأثيرية الحركية.

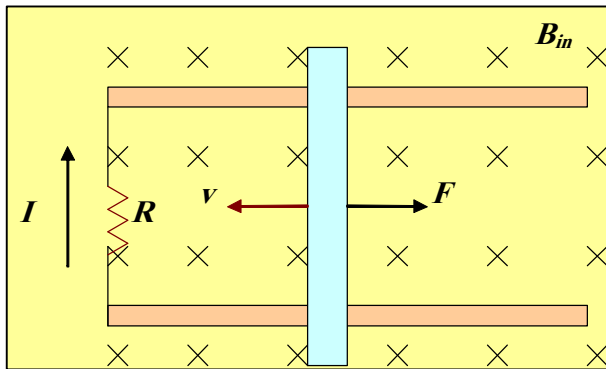
خلفية علمية : تطبيق قانون ليز على القوة الدافعة التأثيرية الحركية

- نفترض مجالا مغناطيسيا خارجيا في اتجاه الصفحة للداخل كما هو موضح في



الشكل (١-٢) بعلامة X. عند تحريك الساق المعدنية إلى اليمين يزداد الفيض المغناطيسي داخل الدائرة مع الزمن لأن المساحة تزداد. حسب قانون ليز ينشأ تيار حثي بحيث تنشأ قوة تقاوم حركة الساق إلى اليمين لتمنع

الزيادة في الفيض المغناطيسي في الدائرة، وعليه يكون اتجاه



التيار الحثي عكس عقارب الساعة. لهذا التيار الحثي مجال مغناطيسي (في اتجاه خارج من الصفحة عكس المجال الخارجي) ليقاوم الزيادة في الفيض المغناطيسي.

- إذا تحركت الساق المعدنية في المثال

السابق إلى اليسار كما في الشكل (٢-٢) بحيث يقل الفيض

المغناطيسي مع الزمن فإن التيار الحثي الناتج يكون مع عقارب

الساعة بحيث يكون اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عنه إلى داخل الصفحة (مع المجال المغناطيسي الخارجي) وذلك ليقاوم النقصان في الفيض المغناطيسي.

٢-٤ تطبيقات على الحث الكهرومغناطيسي *Applications of Electromagnetic Induction*

مخرجات التعلم:

- ١٢-٢ شرح التفاعلات التي تحدث بين المجالات الكهربائية والمغناطيسية.
- د- شرح عمل المولدات الكهربائية ، والمحركات ، والمحولات من حيث مبدأ الحث الكهرومغناطيسي.
- ١٢-٣-٢ تحليل البيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية.
- د. استخدام معادلة الحول الكهربائي لحل المسائل المتعلقة بالمحولات الرافعة للجهد والمحولات الخافضة للجهد.
- هـ. استخدام قاعدة اليد اليمنى لفلمنج لتحديد اتجاه التيار الحثي.

• المولد الكهربائي *Electric Generator*

التقديم والتنظيم:

- قم بعملية عصف ذهني للطلاب للوصول إلى بعض التطبيقات على ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي وذلك بطرح الأسئلة الآتية عليهم:
- كيف ينشأ التيار التأثيري؟
- هل يمكن تطبيق هذه الظاهرة عملياً لإنتاج طاقة كهربائية؟
- كيف تعمل الأجهزة الكهربائية التي نستخدمها في حياتنا اليومية؟
- اشرح للطلاب طريقة عمل المولد الكهربائي مستخدماً الشكل (٢ - ١٦) في كتاب الطالب.

- أثناء عملية الشرح دع الطلاب يطبقون قاعدة اليد اليمنى لفلمنج لتحديد اتجاه التيار الحثي في كل مرحلة من مراحل دوران الملف.
- يمكنك الاستعانة ببعض المواقع على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية لتوضيح عمل المولد مثل:

<http://www.wvic.com/how-gen-works.htm>

<http://www.physclips.unsw.edu.au/jw/electricmotors.html>

- في حالة توفر مولد بسيط في المدرسة متصل بمصباح اعرضه على الطلاب حتى يشاهدوا فعلياً عملية تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.

خلفية علمية : التيار المتردد

إن القوة الدافعة الحثية المتولدة في ملف يدور في مجال مغناطيسي تتغير قيمتها كدالة جيبية، وبتطبيق قانون أوم فإننا نستطيع إيجاد شدة التيار الكهربائي المتردد المرافق لفرق الجهد المتردد:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}_{\max} \sin \theta}{R} \quad (1)$$

حيث R عبارة عن المقاومة الكلية للملف والدائرة. (حذفت الإشارة السالبة لأنها تشير إلى الاتجاه فقط)
ويمكن إعادة كتابة المعادلة (١) كالآتي:

$$I = I_{\max} \sin \theta \quad (2)$$

حيث I_{\max} عبارة عن القيمة العظمى للتيار المتردد خلال دورة كاملة، وبالتالي:

$$I = \frac{\mathcal{E}_{\max}}{R}$$

وتمثل المعادلة (١) القيمة اللحظية للتيار المتردد عند زمن (t) وزاوية (θ)، ويعبر عنه بياناً بدالة جيبية ، وبالتالي فإن التيار المتردد الجيبي هو التيار الذي تتغير قيمته لحظياً كدالة جيبية ويتغير اتجاهه كل نصف دورة.

يشيع استخدام التيار المتردد في الحياة العملية وذلك بسبب ما ينفرد به من خواص لا تتوفر في التيار المستمر منها:

- ١- سهولة توليده باستخدام المولد الكهربائي.
- ٢- سهولة الحصول على فرق الجهد المطلوب باستخدام المحولات.
- ٣- سهولة نقله بكفاءة عالية باستخدام المحولات.
- ٤- سهولة تحويله إلى تيار كهربائي مستمر بواسطة المقومات.

إجابة اختبار فهمك (٢):

أقصى جهد يمكن أن ينتجه المولد يكون عندما تكون الزاوية ($\theta = \omega t = 90^\circ$)

$$\varepsilon = NB\omega A \sin \omega t = NB\omega A \sin 90 = NB\omega A$$

$$\therefore \omega = \frac{\varepsilon}{NBA} = \frac{120}{320 \times 0.65 \times 0.21 \times 0.21} = 13.08 \text{ rad/s}$$

• المحرك الكهربائي *Electric Motor*

التقديم والتنظيم:

- استرجع معلومات الطلاب من دراستهم السابقة عن القوة المغناطيسية المؤثرة على ملف يتحرك في مجال مغناطيسي.
- قم بإجراء الاستكشاف (١) لتعرف مبدأ عمل المحرك الكهربائي.

- اشرح للطلاب طريقة عمل المحرك الكهربائي مستخدماً الشكل (٢ - ٢٣) في كتاب الطالب.
- بعد أن يتعرف الطلاب طريقة عمل المحرك الكهربائي اطلب منهم أن يقارنوا بين المولد والمحرك الكهربائي من حيث التركيب وطريقة العمل والاستخدامات.

الاستكشاف (١): تعرّف مبدأ عمل المحرك الكهربائي

حجم المجموعة: ٥-٦ طلاب

الزمن: ١٥ دقيقة

الإجراءات:

- قم بالمرور على المجموعات للتأكد من صحة توصيلهم للدائرة الكهربائية.
- وضح للطلاب أن هناك طريقتين لإيجاد اتجاه حركة الملف وهما قاعدة اليد اليمنى الثانية وقاعدة (S-N).

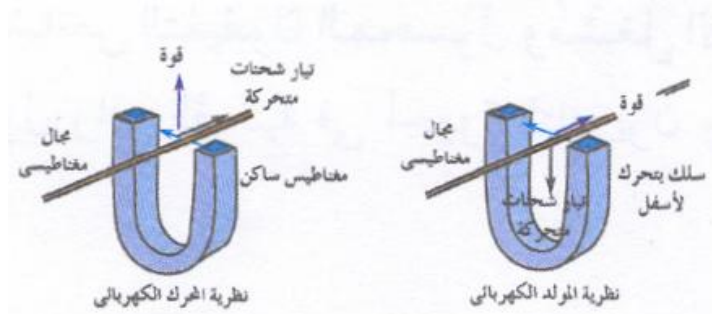
التحليل والتفسير:

- ١- سيتحرك الملف باتجاه القطب الجنوبي للمغناطيس، نتيجة لأن مرور التيار في الملف سيؤدي إلى تكوين مجال مغناطيسي قطبه الشمالي مقابل للقارئ وبالتالي سينجذب للقطب الجنوبي.
- ٢- ستكون الحركة باتجاه القطب الشمالي.

خلفية علمية: المقارنة بين الحركات والمولدات الكهربائية

إن المولد الكهربائي والمحرك الكهربائي يتفرعان من حقيقة واحدة وهي تأثير شحنة كهربائية بقوة عند تحركها في مجال مغناطيسي، ويكون اتجاه هذه القوة عمودياً على

كل من اتجاه حركة الشحنة والمجال الذي تعبره. سنطلق على حركة السلك " نظرية المحرك" وعلى قانون الحث الكهرومغناطيسي " نظرية المولد"، وكل من هاتين النظريتين تم تلخيصهما في الشكلين (٢-٢).



الشكل (٢-٢) ب)

الشكل (٢-٢) أ)

الشكل (٢-٢) ب) يوضح نظرية المحرك الكهربائي، حيث يتضح أنه عند مرور التيار في الاتجاه المبين (اليمين)، فإن الإلكترونات ستتأثر بقوة عمودية إلى الأعلى، وبالتالي سيتحرك السلك إلى الأعلى.

أما الشكل (٢-٢) أ) فيوضح نظرية المولد الكهربائي، حيث يتضح أنه عند تحريك السلك إلى أسفل فإنه لا يحمل في البداية أي تيار ولكن الإلكترونات الموجودة في السلك تتعرض لقوة تعمل على تحريكها عمودياً على اتجاه حركة السلك، ولهذا السبب ينشأ التيار الكهربائي.

● المحول الكهربائي Transformer

التقديم والتنظيم:

- قم بعملية عصف ذهني للطلاب للتوصل إلى أهمية المحول الكهربائي، وذلك بأن تطرح عليهم بعض الأسئلة مثل:

● من أين نحصل على الطاقة الكهربائية التي نستخدمها في منازلنا للإنارة والتبريد والتدفئة والتنظيف؟

● هل تعمل الأجهزة الكهربائية في منزلنا بتيار متردد أم بتيار مستمر؟

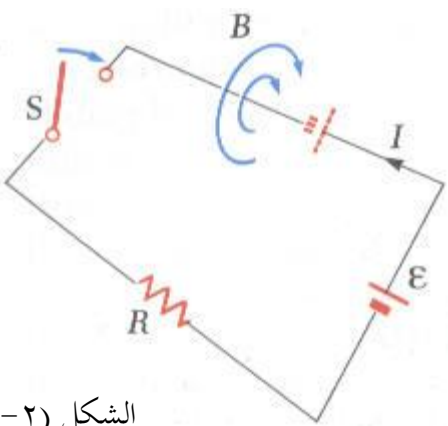
- هل جميع الأجهزة تعمل بنفس شدة التيار؟
- كيف يمكن التحكم في قيمة التيار ليناسب مختلف الأجهزة الكهربائية؟

- ناقش الطلاب في إجاباتهم حتى تتوصل إلى أهمية وجود المحول الكهربائي في عملية خفض أو رفع قيمة التيار.
- قم بإجراء الاستكشاف (٢) لتعرف مبدأ عمل المحول الكهربائي.
- ناقش الطلاب في المشاكل التي تواجه عملية نقل الطاقة الكهربائية من محطات التوليد إلى أماكن الاستهلاك. اجعل الطلاب في البداية يعملون في مجموعات بهدف الوصول إلى حلول مقترحة لتلك المشكلات، ثم ناقش الحلول المقترحة للتوصل إلى الحلول المناسبة.
- توصل مع الطلاب إلى أهمية استخدام المحولات الكهربائية في عملية نقل الطاقة الكهربائية من محطات التوليد إلى أماكن الاستهلاك.

خلفية علمية : الحث الذاتي والحث المتبادل

- الحث الذاتي Self Induction :

اعتبر دائرة كهربائية مكونة من بطارية ومقاومة ومفتاح كهربائي كما في الشكل (٢-٣)، عند غلق المفتاح فإن التيار المار في الدائرة لن يصل إلى قيمته العظمى فور غلق المفتاح إنما سوف يستغرق بعضاً من الوقت نتيجة لقانون فاراداي . كيف ذلك؟



الشكل (٢-٣)

عند غلق المفتاح في الدائرة الكهربائية يحدث ما يلي:

١. يزداد التيار المار في الدائرة مع الزمن.
٢. يزداد الفيض المغناطيسي خلال الدائرة نتيجة لزيادة التيار.
٣. الفيض المتزايد يؤدي إلى توليد قوة دافعة كهربية في الدائرة ليعاكس الزيادة في الفيض المغناطيسي (قانون لenz).

هذه القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الدائرة تعمل عكس اتجاه التيار الأصلي، وهذا نتج عن الزيادة في الفيض المغناطيسي نتيجة لزيادة التيار عند غلق المفتاح. وهذا التأثير في الدائرة يعرف باسم التأثير الحثي الذاتي self induction .

- الحث المتبادل Mutual Inductance

إن تغير التيار الكهربائي في دائرة يؤدي إلى تغيير في الفيض المغناطيسي في دائرة كهربائية مجاورة. وهذا بالتأكيد يولد قوة دافعة كهربية في تلك الدائرة، ويسمى هذا التأثير بالتأثير الحثي المتبادل لأنه نتج من تأثير دائرة كهربائية على أخرى.

ويحدث الحث المتبادل بين ملفين متجاورين حيث يمر في الملف الأول وعدد لفاته N_1 تيار كهربائي قيمته I_1 ينشئ مجالاً مغناطيسياً يؤثر على الملف الثاني وعدد لفاته N_2 بفيض مغناطيسي Φ_{21} يؤدي إلى تيار حثي في الملف الثاني وقيمته I_2 ، وتعتمد فكرة عمل المحول الكهربائي على مبدأ الحث المتبادل بين ملفين.

الاستكشاف (٢): مبدأ عمل المحول الكهربائي

حجم المجموعة: ٤-٦ طلاب

الزمن المقترح: ٢٠ دقيقة

الإجراءات:

- ١- قم بالتأكد من توصيل الطلاب للدائرة بشكل صحيح قبل البدء في العمل.

التحليل والتفسير:

- ١- انحراف مؤشر الجلفانومتر لحظة فتح الدائرة، وهو مما يدل على تولد تيار تأثيري في الدائرة، والسبب أن الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الابتدائي نقص وبالتالي نقص أيضا في الملف الثانوي. وعند غلق المفتاح زاد الفيض المغناطيسي، وهذا التغير أدى إلى توليد تيار تأثيري في دائرة الملف الثانوي.
- ٢- لا يمكن عملياً استخدام مصدر للتيار المستمر في المحولات الكهربائية؛ لأن قيمة التيار تظل ثابتة، ولن يحدث تغير في الفيض المغناطيسي إلا لحظة فتح الدائرة وغلق الدائرة، ولهذا السبب يستخدم مصدر للتيار المتردد في المحولات الكهربائية.

إجابة اختبار فهمك (٤):

أ-

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$
$$N_p = \frac{V_p N_s}{V_s} = \frac{240 \times 30}{9.0} = 800$$

ب-

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p}$$
$$\therefore I_p = \frac{N_s I_s}{N_p} = \frac{30 \times 0.4}{800} = 0.015 A = 15 mA$$

ج-

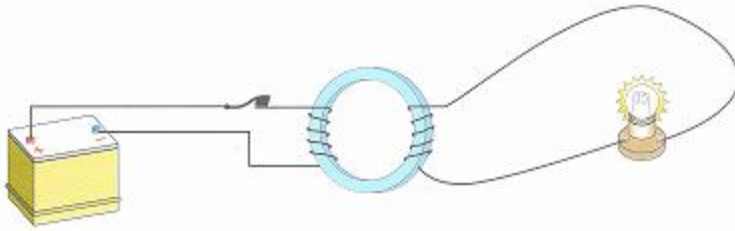
$$P = I_s V_s = 0.4 \times 9.0 = 3.6 W$$

حل أسئلة الفصل

إجابة السؤال الأول:

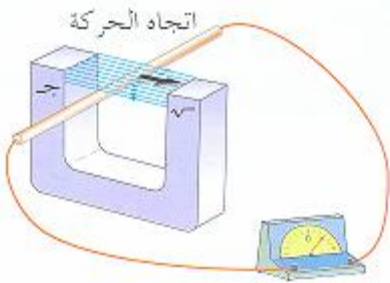
رقم السؤال	الإجابة
١	أ
٢	ب
٣	د
٤	ج
٥	ج
٦	أ
٧	أ
٨	أ

إجابة السؤال الثاني:



١- في هذه الدائرة من المفترض أن لا يضيء المصباح لأنه لن يتولد تيار حثي في الدائرة،

والسبب أن مصدر التيار هو مصدر مستمر (بطارية) لا يؤدي إلى تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف.



- في هذه الدائرة من المفترض أن لا ينحرف مؤشر

الجلفانومتر؛ لأن السلك يتحرك في اتجاه مواز لخطوط المجال المغناطيسي وبالتالي لا يقطع خطوط المجال فلا يتولد تيار حثي في السلك.

٢- سبب انحراف مؤشر الجلفانوميتر في الشكل (٢-٣١ب) هو أن الملف يتم سحبه من الأطراف، وبالتالي تتغير مساحة الملف التي تخترقها خطوط المجال، وهو ما يؤدي إلى تولد قوة دافعة تأثيرية ومرور تيار حثي في الملف.

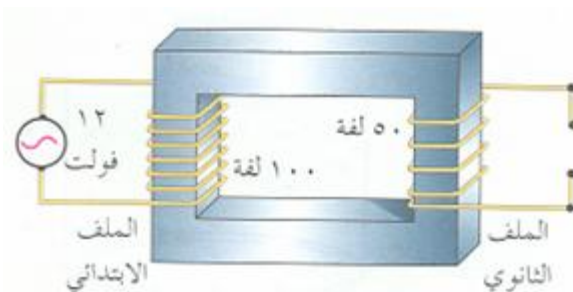
٣- أثناء تقريب مغناطيس من ملف يتولد تيار تأثيري في الملف، وهو ما يعني أنه تم تزويد الدائرة بطاقة، أي أن طاقة النظام تزداد، وعند إبعاد المغناطيس عن الملف فهذا يعني أن طاقة النظام تقل، ولكن المجال المغناطيسي التأثيري الذي يتولد في الملف يعاكس المجال المغناطيسي الأصلي، وبالتالي يمنع طاقة النظام من الزيادة أو النقصان.

٤- في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة حسب قاعدة اليد اليمنى لفلمنج.

٥- لن ينحرف المؤشر، لأنه سيتكون في الملف مجالان مغناطيسيان متساويان ومتعاكسان في الاتجاه، وبالتالي سيلغي أحدهما الآخر.

٦- (أ) و (ب)، وذلك لأن خطوط المجال في هاتين الحالتين تكون في مستوى عمودي على مستوى الملف، وبالتالي يخترق الملف هذه الخطوط.

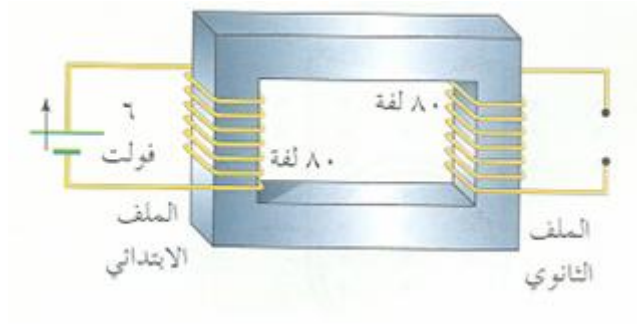
٧- في هذا المحول:



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

$$\therefore V_s = \frac{50 \times 12}{100} = 6 V$$

وبالتالي فإن المحول خافض للجهد.



- لا يعمل هذا المحول لأن مصدر التيار مستمر.

إجابة السؤال الثالث:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_2 - t_1} = -2 \frac{38 + 50}{0.42} = -419 V \quad -١$$

$$\varepsilon = Blv = 0.55 \times 0.35 \times 3.4 = 0.654 V \quad -٢$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0.654}{0.23} = 2.85 A$$

$$F = BIl \sin \theta = 0.55 \times 2.846 \times 0.35 = 0.548 N$$

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \quad -٣$$

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{1}{4} \quad -٤$$

$$\therefore V_s = \frac{V_p}{4} = \frac{240}{4} = 60 V$$

ب-

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

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{1}{4}$$

$$\therefore I_s = 4I_p = 4 \times 2 = 8 A$$

ج-

$$P_s = I_s V_s = 60 \times 8 = 480 W$$

د-

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

$$\therefore N_s = \frac{V_s N_p}{V_p} = \frac{22 \times 500}{220} = 50$$

هـ- (أ)

$$P = IV$$

$$\therefore I = \frac{P}{V} = \frac{100 \times 10^3}{12 \times 10^3} = 8.3 A$$

ب-

$$V = IR = 8.3 \times 10 = 83 V$$

ج- القدرة المفقودة في خطي النقل

$$P = IV = 83 \times 8.3 = 689 \text{ W}$$

$$P_T = 2 \times 689 = 1.38 \times 10^3 \text{ W}$$

د- يجب رفع الجهد باستخدام المحولات قبل عملية النقل، وذلك لتقليل من الطاقة المفقودة على شكل حرارة، ففي المثال السابق لو كان الجهد أقل بعشرة مرات، ستكون الطاقة الحرارية المفقودة أكبر بمائة مرة.