



التكنولوجيا التطبيقية
APPLIED TECHNOLOGY
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني



جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني
وحدة تشغيل وإدارة مدارس التكنولوجيا التطبيقية

دليل الطالب الفيزياء السنة الثانية (ينبع)

أعدت بواسطة
سعيد محمد علي

تمت المراجعة بواسطة
الدكتورة عزيزة رجب خليفة

محتويات

الصفحات	وحدة
من 5 إلى 16	أولاً: التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي
من 17 إلى 29	ثانياً: الحث الكهرومغناطيسي

المعارف	مهارات (أن يكون قادراً على)	الكفاءات
<p>TPK1 معنى المغناطيسي المجال والمغناطيسي بسبب الحقل النجاح الحالي عبر خط مستقيم موصل دائري ملف في مركزه وملف لولبي</p> <p>TPK2 القوة المغناطيسية التأثير على سلك يحمل تياراً كهربائياً تم وضعه في أ المجال المغناطيسي والمغناطيسي عزم الدوران المؤثر على ملف يحمل الوضع الحالي مجال مغناطيسي</p> <p>TPK3 معنى الكهرومغناطيسية الحث و قانون فاراداي</p> <p>TPK4 قانون لينز.</p> <p>TPK5 متبادل وذاتي الاستقرار: مولد كهربائي (دينامو) و كهربائي محول</p>	<p>TPC1.1 عرف مفهوم المجال المغناطيسي</p> <p>TPC1.2 احسب كثافة المجال المغناطيسي واتجاهه عند المسافة العادية من سلك مستقيم يحمل تياراً كهربائياً</p> <p>TPC1.3 احسب شدة واتجاه المجال المغناطيسي في مركز حلقة تحمل تياراً كهربائياً (ملف دائري).</p> <p>TPC1.4 احسب شدة المجال عند نقطة على محور الملف اللولبي المغناطيسي.</p> <p>TPC1.5 احسب القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك يحمل تياراً كهربائياً</p> <p>TPC1.6 احسب عزم الدوران المغناطيسي المؤثر على ملف يحمل تياراً كهربائياً</p> <p>TPC2.1 اشرح معنى الاستقرار وقانون فاراداي</p> <p>TPC2.2 حدد قطبية التيار المستحث في ملف باستخدام قاعدة لينز.</p> <p>TPC2.3 فهم مفهوم الاستقرار المتبادل والاستقرار الذاتي</p> <p>TPC2.4 حدد العوامل التي تؤثر على القوة الكهرومغناطيسية المستحثة في الملف</p> <p>TPC2.5 حدد بنية وتشغيل المولد الكهربائي</p> <p>TPC2.6 حدد بنية وطريقة عمل المحول الكهربائي</p>	<p>TP1 اشرح مغناطيسي الحقول بسبب مرور من خلال موصل، ومغناطيسي القوة مغناطيسي عزم الدوران</p> <p>TP2 يشرح المغناطيس الكهربائي الحث الكهرومغناطيسي وفاراداي القانون و قانون لينز وبعض المفاهيم متعلق بـ تعريفي</p>

الوحدة الأولى

التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي

درس	صفحة
الدرس الأول معنى المجال المغناطيسي	5
الدرس الثاني: المجال المغناطيسي الناتج عن مرور التيار عبر موصل مستقيم	7
الدرس الثالث المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي عبر ملف دائري في مركزه	9
الدرس الرابع المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي عبر ملف لولبي	11
الدرس الخامس القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك يحمل تياراً موضوع في مجال مغناطيسي منتظم	13
الدرس السادس عزم الدوران المغناطيسي المؤثر على ملف يحمل تياراً موضوعاً في مجال مغناطيسي منتظم	15

عزيزي الطالب، بنهاية هذه الدروس، ينبغي أن تكون لديك المهارات والمعارف التالية

فهم مفهوم المجال المغناطيسي
 حدد شكل المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي في سلك مستقيم، وملف دائري، وملف لولبي.
 احسب كثافة التدفق المغناطيسي عند نقطة من سلك يحمل تياراً. احسب كثافة التدفق المغناطيسي في مركز ملف دائري يحمل تياراً. احسب كثافة التدفق المغناطيسي عند نقطة على طول محور الملف اللولبي الذي يحمل تياراً. حدد العوامل المؤثرة على القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يحمل تياراً موضوع في مجال مغناطيسي منتظم.
 حدد العوامل المؤثرة على عزم الدوران المغناطيسي المؤثر على ملف يحمل تياراً موضوعاً في مجال مغناطيسي منتظم

الدرس الأول معنى المجال المغناطيسي

مقدمة

يُعرف التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي (الكهرومغناطيسية) على النحو التالي:
(يتولد مجال مغناطيسي حول موصل عندما يمر تيار كهربائي من خلاله)
- تم اكتشاف التأثير المغناطيسي للتيار بواسطة **أورستيد (فيزيائي دنماركي) عام 1820. تجربة**

(أ) **هانز كريستيان أورستد** قام بتقريب بوصلة من سلك معدني يحمل تياراً كهربائياً؛ ولاحظ أن البوصلة قد انحرفت.

(ب) عندما قام بإيقاف التيار الكهربائي، عادت البوصلة إلى وضعها الأصلي. **خاتمة**

عندما يمر التيار الكهربائي في سلك (موصل)، فإنه ينتج دائماً مجالاً مغناطيسياً حوله.

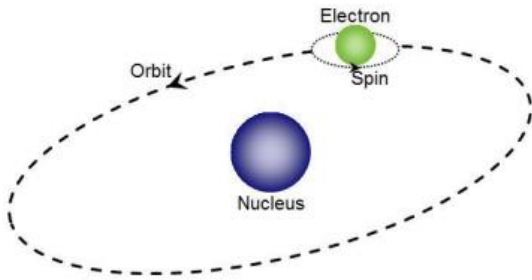
يشير انحراف البوصلة أثناء مرور التيار الكهربائي في السلك إلى توليد المجال المغناطيسي

أدى هذا الاكتشاف إلى سلسلة من الأحداث التي ساهمت في تشكيل حضارتنا الصناعية.

أصل المجال المغناطيسي (المغناطيسية)

يتولد المجال المغناطيسي نتيجة لحركة الإلكترونات (الشحنات الكهربائية) (الجسيمات المشحونة) داخل الذرات. لذا، تنشأ المغناطيسية من نوعين من حركات الإلكترونات في الذرات.

(1) حركة الإلكترونات في مدار حول النواة، تشبه حركة الكواكب في نظامنا الشمسي حول الشمس.



(2) دوران الإلكترونات حول محورها يشبه دوران الأرض حول محورها.

المجال المغناطيسي

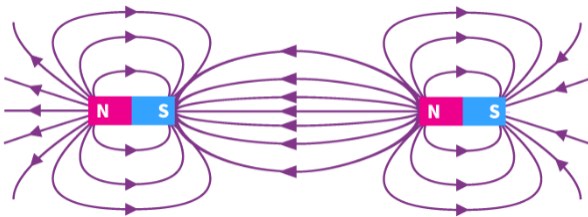
(المجال المغناطيسي) هي المنطقة المحيطة بالمغناطيس (أ) والتيار الكهربائي - الذي يحمل موصلاً حيث يمكن أن تؤثر القوى المغناطيسية.

خطوط المجال المغناطيسي هي خطوط وهمية لتمثيل المجالات المغناطيسية

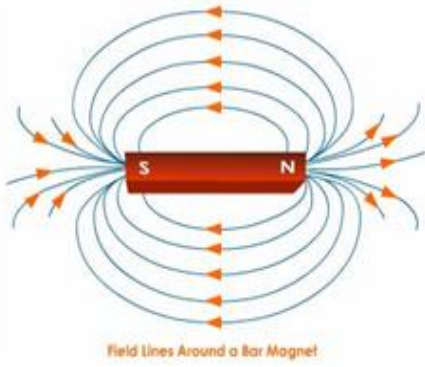
(أ) شكل المجال المغناطيسي

(ب) اتجاه المجال المغناطيسي (من الشمال إلى الجنوب)

(ج) كثافة المجال المغناطيسي (B)



خصائص خطوط المجال المغناطيسي



- (أ) لا تتقاطع خطوط المجال المغناطيسي أبداً
 (ب) تشكل خطوط المجال المغناطيسي دوائر مغلقة (منحنيات متصلة) وتستمر داخل المادة المغناطيسية
 (ج) خطوط المجال المغناطيسي تنشأ دائماً أو تبدأ من القطب الشمالي وتنتهي عند القطب الجنوبي.
 (د) يُعتبر اتجاه المجال المغناطيسي هو الاتجاه الذي يتحرك فيه القطب الشمالي لإبرة البوصلة داخله. لذلك، يُفترض اصطلاحاً أن خطوط المجال تخرج من الشمال.

تحدد خطوط المجال المغناطيسي عند القطب الجنوبي. داخل المغناطيس، يكون اتجاه خطوط المجال من قطبه الجنوبي إلى قطبه الشمالي.

التدفق المغناطيسي (Φ)

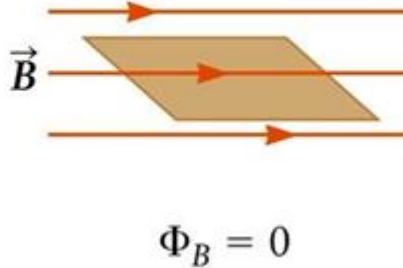
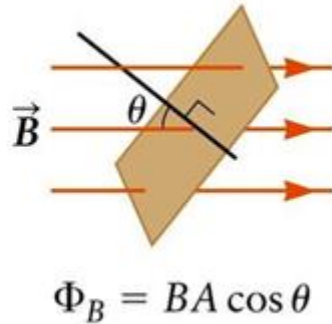
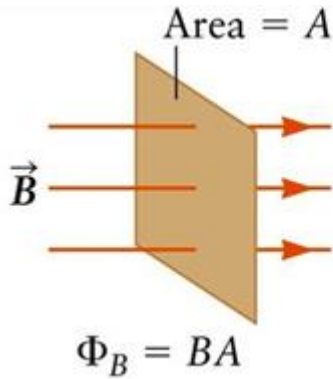
التدفق المغناطيسي هو قياس للمجال المغناطيسي الكلي الذي يمر عبر مساحة معينة. وهو مفيد للمساعدة في وصف تأثيرات القوة المغناطيسية على جسم ما يشغل مساحة معينة.

يمكننا تعريف التدفق المغناطيسي على النحو التالي
 (وهو العدد الإجمالي لخطوط التدفق المغناطيسي التي تمر عبر سطح ما)

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Φ : التدفق المغناطيسي عبر سطح (ويبر) ب كثافة
 التدفق المغناطيسي (تسلا) أ: مساحة السطح (m^2)

(الزاوية بين العمودي على θ طبيعي إلى سطح واتجاه المجال المغناطيسي)



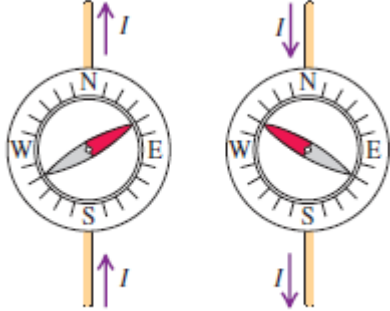
الدرس الثاني

المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي عبر موصل مستقيم

مقدمة

كل تيار كهربائي ينتج مجالا مغناطيسياً. ويمكن تصور المجال المغناطيسي على شكل نمط من خطوط المجال الدائرية المحيطة بالسلك.

التجارب المبكرة:



في عام 1819، أظهر أورستد أن التيار الكهربائي قادر على التسبب في انحراف إبرة مغناطيسية موضوعة بالقرب من موصل يحمل تياراً كهربائياً. عند مرور التيار الكهربائي في الموصل، ينحرف مؤشر مغناطيسي موضوع فوقه. وبمجرد توقف التيار، يعود المؤشر إلى موضعه الأصلي. أما إذا عكس اتجاه التيار، كما في الرسم التوضيحي على اليمين، فإن المؤشر ينحرف في الاتجاه المعاكس.

يجب التمييز بين تعبيرين هما التدفق المغناطيسي وكثافة التدفق المغناطيسي

كثافة التدفق المغناطيسي B

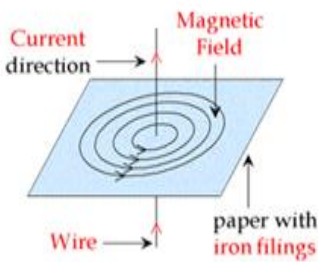
-يصف كثافة واتجاه خطوط المجال التي تمر عبر منطقة معينة كلما زادت كثافة خطوط المجال المغناطيسي، زادت كثافة التدفق المغناطيسي، والتي تقاس بوحدة تسلا (T)، أي ما يعادل وبي/م² (ويب /م²).

-عندما تكون خطوط التدفق المغناطيسي أقرب إلى بعضها البعض، فإن كثافة التدفق المغناطيسي ستكون كبيرة والعكس صحيح.

- (هو العدد الإجمالي لخطوط التدفق المغناطيسي التي تمر عادةً) عبر وحدة مساحة حول النقطة

$$B = \frac{F}{I \cdot L}$$

المجال المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي في سلك مستقيم: شكل المجال المغناطيسي:



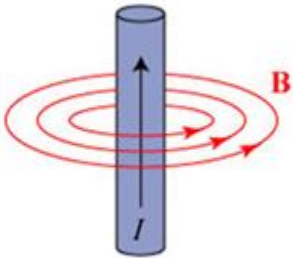
يمكننا فحص شكل المجال المغناطيسي باستخدام برادة الحديد التي يتم رشها على ورقة تحيط بالسلك في وضع رأسي.

أ) خطوط القوة المغناطيسية حول سلك مستقيم يحمل تياراً كهربائياً تكون

عبارة عن دوائر متحدة المركز مراكزها تقع على السلك

ب) تكون خطوط التدفق المغناطيسي الدائرية أقرب إلى بعضها البعض بالقرب من السلك وأبعد عن بعضها البعض كلما زادت المسافة من السلك.

ج) يزداد التيار المار عبر السلك، وتصبح الدوائر المتداخلة أكثر ازدحاماً.

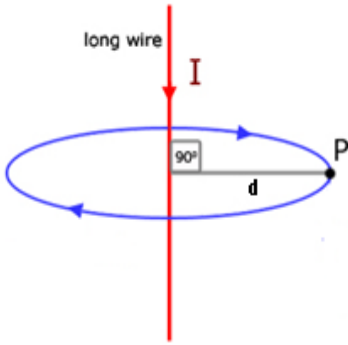


مقدار كثافة المجال المغناطيسي (B):

يمكن التعبير عن كثافة المجال المغناطيسي عند نقطة معينة بالعلاقة التالية

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

تسمى هذه العلاقة **قانون أمبير الدائري** أين:



ب كثافة المجال المغناطيسي (تسلا)
أناشدة التيار المار عبر السلك (أمبير).
والمسافة بين النقطة والسلك (متر).

μ: النفاذية المغناطيسية للوسط (هواء μ = 4π × 10⁻⁷ نفاذية المغناطيسية) Wb/mA

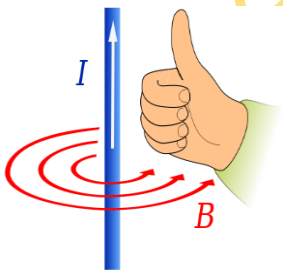
(إنها قدرة الوسط على اختراق خطوط التدفق المغناطيسي) وحدة

القياس

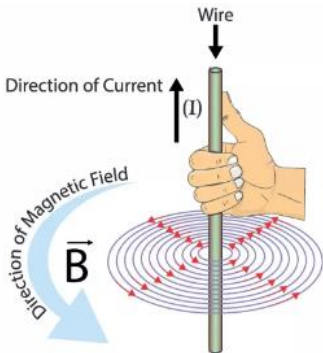
$$Wb/mA = Tm / A$$

اتجاه المجال المغناطيسي

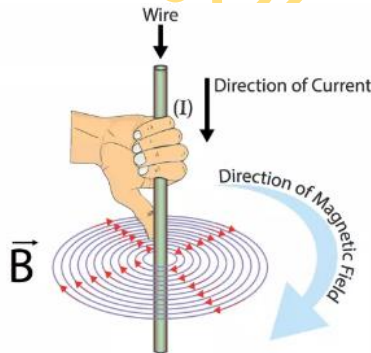
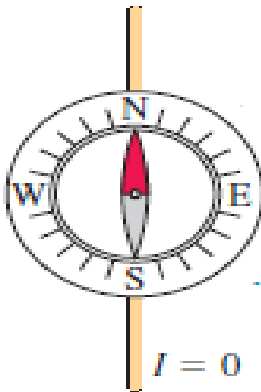
لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي في سلك،
باستخدام قاعدة اليد اليمنى **لأمبير قاعدة اليد اليمنى** **لأمبير**.



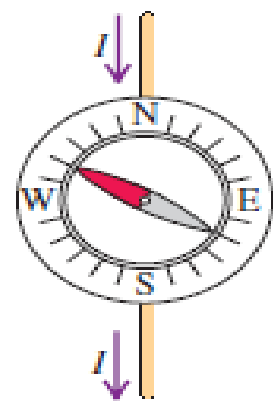
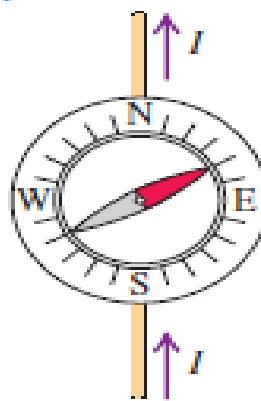
إذا كان الإبهام يشير إلى اتجاه التيار، فإن بقية الأصابع المحيطة بالسلك ستشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن التيار.



When the wire carries no current, the compass needle points north.



When the wire carries a current, the compass needle deflects. The direction of deflection depends on the direction of the current.



الدرس الثالث

المجال المغناطيسي الناتج عن مرور التيار عبر ملف دائري (حلقة)

مقدمة

يمكن استخدام ملف دائري من الأسلاك لتوليد مجال مغناطيسي شبه منتظم يشبه مجال المغناطيس القضيب القصير.

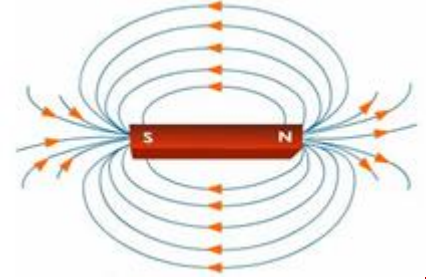
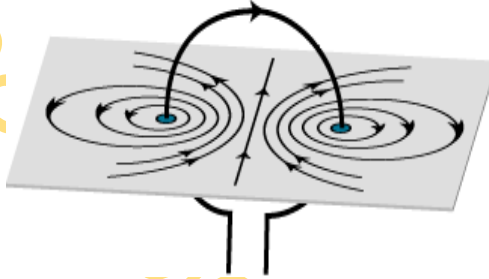
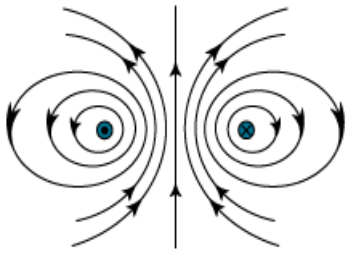
المجال المغناطيسي الناتج عن تيار في ملف دائري:**شكل المجال المغناطيسي**

عندما يمر تيار كهربائي عبر ملف دائري، يتولد مجال مغناطيسي حوله يكون أكثر تركيزاً في مركز الحلقة منه خارج الحلقة.

(1) خطوط التدفق دائرية تحيط بالجانبين

(2) لم تعد خطوط التدفق دائرية بالقرب من المركز

(3) تصبح خطوط التدفق خطوطاً مستقيمة ومتوازية عمودية على مستوى الملف عند مركزه. وهذا يعني أن المجال المغناطيسي في هذه المنطقة منتظم.

**مقدار كثافة المجال المغناطيسي (B):**

يمكن التعبير عن كثافة المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري بالعلاقة التالية

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

أين:

B كثافة التدفق المغناطيسي (تسلا)

I أناشدة التيار المار عبر السلك (أمبير). r: نصف قطر الملف

الدائري (متر).

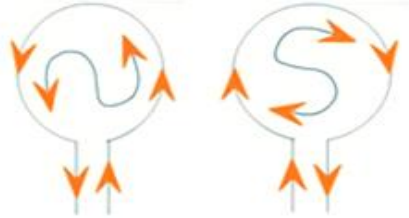
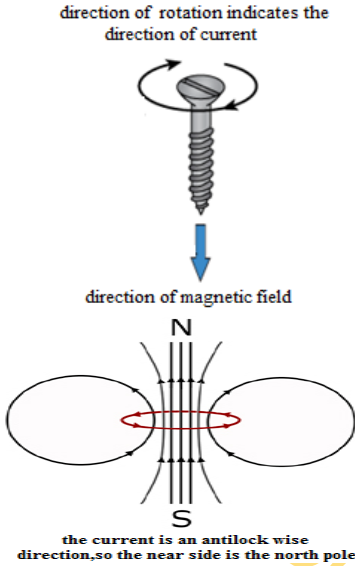
μ نفاذية الوسط (هواء $4\pi \cdot 10^{-7}$ ويب/ملي أمبير)

قاعدة اللولب الصحيحة (قاعدة ماكسويل اللولبية)

تستخدم قاعدة اللولب الصحيح لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي في ملف دائري. إذا كان اتجاه الدوران (يتم تدوير المسمار الأيمن) يشير إلى اتجاه التيار (من + إلى -) سيحدد اتجاه الحركة اتجاه المجال المغناطيسي

قاعدة الدوران باتجاه عقارب الساعة (ملف القطبية):

الجانب الذي يكون فيه التيار في اتجاه عقارب الساعة هو القطب الجنوبي بينما يكون الجانب الذي يكون فيه التيار في اتجاه مضاد لاتفاق هو القطب الشمالي.



-عندما ينعكس اتجاه تدفق التيار، ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي.
-إذا كان سلك مستقيم بطول (ل) يتم ثني (ل) لتشكيل ملف دائري بنصف قطر (r) وعدد لفات (ن)، ثم

$$L = \text{محيط الملف الدائري} = 2\pi r = \text{نيوتن}$$

الدرس الرابع

المجال المغناطيسي الناتج عن مرور التيار عبر ملف لولبي

مقدمة

- يُعتبر الملف اللولبي عبارة عن ملف سلكي طويل مستقيم يمكن استخدامه لتوليد مجال مغناطيسي مشابه لمجال المغناطيس الدائم.
- تتمتع الملفات اللولبية بعدد كبير من التطبيقات العملية في حياتنا اليومية.

المجال المغناطيسي الناتج عن تيار في ملف لولبي

شكل المجال المغناطيسي:

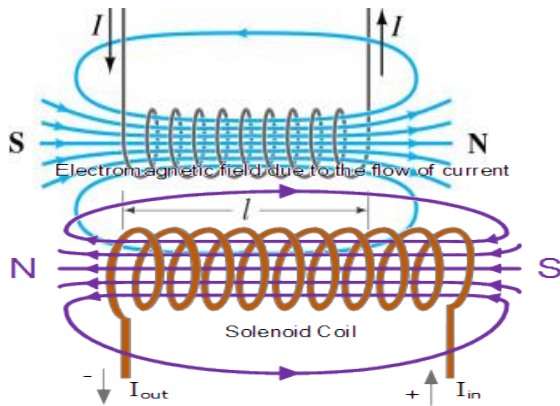
أ) عند مرور تيار كهربائي عبر ملف لولبي، يتولد مجال مغناطيسي حوله

1) خطوط التدفق المغناطيسي خارج الملف اللولبي عبارة عن ملفات مغلقة تتحرك من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي.

2) تكون خطوط التدفق المغناطيسي عبر منتصف الملف اللولبي (في الملف اللولبي) مستقيمة وموازية للمحور، لذا يكون المجال المغناطيسي منتظماً

مقدار كثافة المجال المغناطيسي (B):

يمكن التعبير عن كثافة المجال المغناطيسي عند نقطة على محوره الداخلي بالعلاقة التالية



$$B = \frac{\mu NI}{L}$$

أين:

ب) كثافة المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري (تسلا) أناشدة التيار المار عبر الملف (أمبير). L طول الملف اللولبي (متر).

- نفاذية الوسط (-هواء) = 4×10^{-7} (ويب/ملي أمبير) شمال
عدد لفات السلك في الملف اللولبي أو

ب-1 n l μ

J

أين هو عدد اللفات لكل وحدة طول ن = شمال

لاحظ أن:

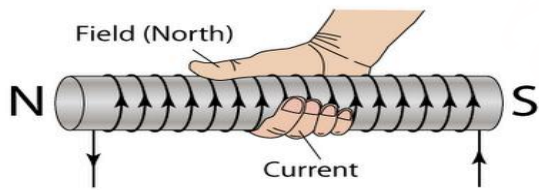
كثافة المجال المغناطيسي يتم إنتاجه بواسطة ملف لولبي يحمل تياراً عند نقطة على محوره الداخلي الزيادة عندما **قضيبت من الحديد المطاوع مثبت فيه** لأن الحديد المطاوع **نفاذية عالية**، لذلك ستكون خطوط التدفق المغناطيسي **مركزة**.

اتجاه المجال المغناطيسي

لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي في ملف لولبي

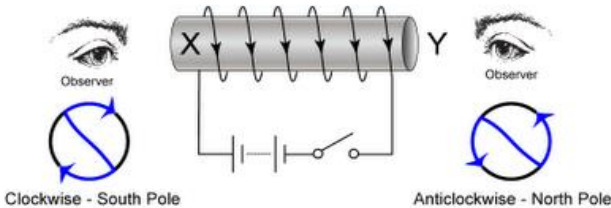
أ) قاعدة اليد اليمنى للأصابع:

لواصابع الملفوفة (يشير على طول الملف) إلى اتجاه التيار التقليدي (من + إلى -) بينما يشير الإبهام إلى **القطب الشمالي** (اتجاه المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي).



ب) قاعدة الدوران باتجاه عقارب الساعة (ملف القطبية):

الجانب الذي يكون فيه التيار في اتجاه عقارب الساعة هو **القطب الجنوبي** بينما يكون الجانب الذي يكون فيه التيار في اتجاه مضاد للانغلاق هو **القطب الشمالي**.



نقطة محايدة

(إنها النقطة التي تتلاشى عندها كثافة التدفق المغناطيسي الكلي)

تشكل النقطة المحايدة عندما يلتقي مجالان مغناطيسيان متساويان في المقدار ومتعاكسان في الاتجاه عند نقطة واحدة.

لاحظ أن:

عندما توضع إبرة مغناطيسية عند نقطة ما، فلا يحدث انحراف (تتحرك بحرية)، وبالتالي فإن المجال المغناطيسي الكلي عند هذه النقطة يساوي صفراً (نقطة محايدة).

ب = صفر

ب - 1 = صفر

ب = 1

أين

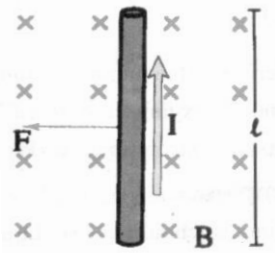
ب: إجمالي كثافة التدفق المغناطيسي عند نقطة ما.

ب1: كثافة التدفق المغناطيسي للموصل الأول. ب2: كثافة التدفق المغناطيسي للموصل الثاني.

الدرس الخامس

القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك

القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك يحمل تياراً موضوع في مجال مغناطيسي منتظم

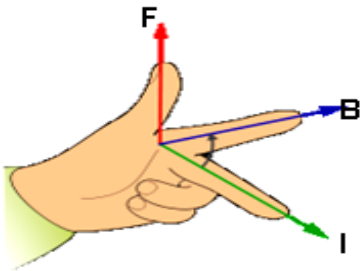


أ) إذا وضعنا سلكاً مستقيماً يحمل تياراً كهربائياً I في مجال مغناطيسي ذي كثافة تدفق مغناطيسي B قوة مغناطيسية F الناتجة التي تؤثر على السلك وتكون عمودية على كل من السلك والمجال.

ب) ينعكس اتجاه القوة إذا عكسنا اتجاه التيار أو المجال المغناطيسي. وفي جميع الحالات، تكون القوة عمودية على كل من التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي.

ج) في حالة السماح للسلك بالتحرك بسبب هذه القوة المتولدة، يكون اتجاه الحركة عمودياً على كل من التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي.

قاعدة فليمنج لليد اليسرى



يستخدم لتحديد اتجاه القوة (الحركة) لسلك مستقيم يحمل تياراً كهربائياً

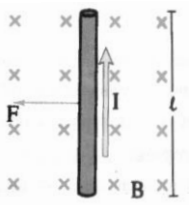
قاعدة فليمنج لليد اليسرى

الإبهام والسبابة والوسطى في اليد اليسرى كلها متعامدة مع بعضها البعض.

يشير الإبهام إلى اتجاه حركة السلك. ويشير السبابة (الإصبع الأول) إلى اتجاه المجال.

يشير الإصبع الأوسط (الثاني) إلى اتجاه التيار المار عبر السلك

العوامل المؤثرة على القوة المؤثرة على سلك يحمل تياراً معلقاً بزاوية قائمة على مجال مغناطيسي:



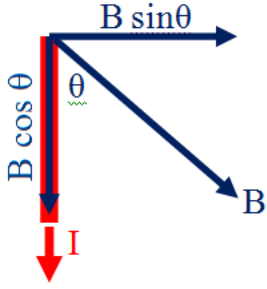
(1) طول السلك $F \propto L$

(2) التيار في السلك $F \propto I$

(3) كثافة التدفق المغناطيسي $F \propto B$

$$F \propto IBL$$

لذا $F = IBL \times \text{ثابت}$



الثابت يساوي واحد عندما يكون (B) بالتسلا (ويبر / م²)، و (I) بالأمبير، و (L) بالمتر، و (F) بالنيوتن.

$$F = IBL$$

هكذا
على العموم، عندما يصنع سلك يحمل تياراً كهربائياً موضوع في مجال مغناطيسي منتظم زاوية (θ) مع المجال المغناطيسي، فإن

$$F = BI l \sin \theta$$

أين θ هي الزاوية بين السلك والمجال المغناطيسي

لاحظ أن

أ) عندما يصنع سلك زاوية θ مع المجال المغناطيسي

$$F = IB \sin \theta$$

ب) عندما يوضع السلك عمودياً على المجال المغناطيسي (θ = 90° أو 270°)

$$F = \text{برنامج الكالوريا الدولية} =$$

لذلك تكون القوة في أقصى قيمة لها

ج) يوضع السلك موازياً للمجال المغناطيسي (θ = 0° أو 180°) لذلك لا يتحرك السلك

$$F = 0$$

كثافة التدفق المغناطيسي

عندما يوضع السلك عمودياً على المجال المغناطيسي

$$F = B \text{ أنل}$$

$$B = \frac{F}{l}$$

يمكن تعريف كثافة التدفق المغناطيسي

(إنها القوة المغناطيسية التي تؤثر على سلك من 1 متر طول يحمل تياراً من شدة 1 أ) ووضعت بشكل عمودي على المجال المغناطيسي)

تسلا

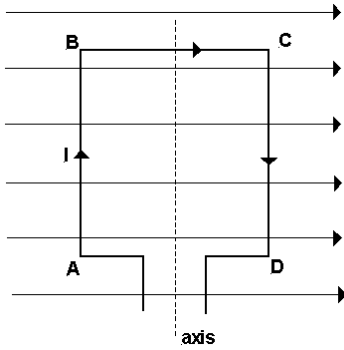
(إن كثافة التدفق المغناطيسي هي التي تمارس قوة من 1 شمال على سلك من 1 متر طول يحمل تياراً من شدة 1 أ) (موضوعة بشكل عمودي على المجال المغناطيسي). أو

هي كثافة التدفق المغناطيسي عندما يكون العدد الإجمالي لخطوط التدفق المغناطيسي التي تمر بشكل عمودي عبر وحدة مساحة حول النقطة 1 ويبر

الدرس السادس

عزم الدوران المغناطيسي المؤثر على ملف

عزم الدوران المغناطيسي المؤثر على ملف يحمل تياراً موضوعاً في مجال مغناطيسي منتظم



لنفترض وجود ملف سلكي مستطيل الشكل (ABCD) يحمل تياراً كهربائياً (أنا) يتم وضعه في مجال مغناطيسي بكثافة تدفق (ب)، بطايرتها بالتوازي مع اتجاه المجال، كما هو موضح في الشكل المقابل

1) السلكان (AD) و (BC) متوازيان مع خطوط التدفق المغناطيسي، لذا فإن القوة المؤثرة عليهما تساوي صفراً.

2) السلكان (AB) و (CD) متعامدان على خطوط التدفق المغناطيسي، لذا فهما يخضعان لقوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه.

$$BIL_{ABF} = BIL \quad \text{قرص مضغوط}$$

وبالتالي، فإن الملف يتأثر بعزم الدوران (---) مما سيؤدي إلى دوران الملف حول محوره.

--- القوة - المسافة العمودية

$$= BIL_{AB} \sin \theta \quad \text{لإعلان}$$

مساحة الملف (A) = $AB \cdot L$ إعلان

إذا كان الملف يتكون من (N) لفة، فإن عزم الدوران الكلي يصبح:

--- بيان

إذا كان الملف مائلاً في اتجاه خطوط التدفق المغناطيسي بحيث يصنع العمودي على مستوى الملف زاوية (θ) مع اتجاه خطوط التدفق المغناطيسي،

--- بيان سين θ

الزاوية بين العمودي (المتعامد) على مستوى الملف واتجاه المجال المغناطيسي: θ

عزم الدوران المغناطيسي المقاس بـ

نيوتن متر = تيرا متر

العوامل المؤثرة على عزم الدوران للزوج على ملف مستطيل يحمل تياراً في مجال

مغناطيسي: (τ)

1) كثافة التدفق المغناطيسي α (ب) (مع ثبات العوامل الأخرى)

- (2) شدة التيار α (أنا) (مع ثبات العوامل الأخرى)
- (3) مساحة مستوى الملف α (أ) (مع ثبات العوامل الأخرى)
- (4) عدد لفات الملف α (ن) (مع ثبات العوامل الأخرى)
- (5) الزاوية بين العمودي على مستوى الملف وخطوط التدفق المغناطيسي

لاحظ أن

عندما يصنع العمودي على مستوى الملف زاوية θ مع المجال المغناطيسي

$$\tau = B I A N \sin \theta$$

(ب) عندما يكون العمودي على مستوى الملف عمودياً على المجال المغناطيسي ($\theta = 90^\circ$ أو 270°) (مستوى الملف مواز للمجال المغناطيسي)

$$\tau = B I A N$$

لذلك فإن عزم الدوران المغناطيسي يكون في أقصى قيمة له

(ج) عندما يكون العمودي على مستوى الملف موازياً للمجال المغناطيسي ($\theta = 0^\circ$ أو 180°) (مستوى الملف عمودي على المجال المغناطيسي)

$$\tau = 0$$

لذلك لا يدور الملف

عزم ثنائي القطب المغناطيسي ($|md|$) (العزم المغناطيسي للحلقة)

عزم ثنائي القطب المغناطيسي = عمودي على مستوى الملف

(وهو متجه ينبعث (جراخ) من القطب الشمالي للملف ويكون عمودياً على مساحته)

$$|md| = I A N = \text{ماكس/ب}$$

عزم ثنائي القطب المغناطيسي يمكن تعريفها بطريقة أخرى

(هو عزم الدوران المغناطيسي المؤثر على ملف يحمل تياراً موضوعاً بالتوازي مع مجال مغناطيسي منتظم)

مجال مغناطيسي بكثافة تدفق تبلغ 1 تسلا

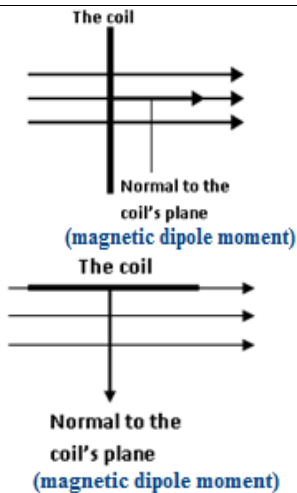
عزم ثنائي القطب المغناطيسي المقاس بأكون 2. = نيوتن متر /

تسلا. يعتمد مقدار القوة المتبادلة على

(1) شدة التيار α (أنا) (مع ثبات العوامل الأخرى)

(2) مساحة مستوى الملف α (أ) (مع ثبات العوامل الأخرى)

(3) عدد لفات الملف α (ن) (مع ثبات العوامل الأخرى)



(العزم المغناطيسي ثنائي القطب مواز لخطوط التدفق المغناطيسي)
(مستوى الملف عمودي على خطوط التدفق المغناطيسي)

$$\tau = 0$$

$$\theta = 0^\circ$$

(العزم المغناطيسي ثنائي القطب عمودي على خطوط التدفق المغناطيسي)
(مستوى الملف مواز لخطوط التدفق المغناطيسي)

$$\tau = \text{الأعلى} = \text{بيان}$$

$$\theta = 90^\circ$$

التطبيقات:

إن مفهوم الازدواج (العزم المغناطيسي) المؤثر على الملف الذي يحمل التيار هو الفكرة التي تستند إليها العديد من الأجهزة مثل الجلفانومتر والمحركات الكهربائية.

الوحدة الثانية
الحث الكهرومغناطيسي

درس	صفحة
الدرس الأول: معنى الحث الكهرومغناطيسي وقانون فاراداي	18
الدرس الثاني: قاعدة لينز	20
الدرس الثالث: الاستقراء المتبادل والاستقراء الذاتي	22
الدرس الرابع: المولد الكهربائي (الدينامو)	25
الدرس الخامس: المحول الكهربائي	28

عزيزي الطالب، بنهاية هذه الوحدة، ينبغي أن تكون لديك المهارات والمعارف التالية

فهم مفهوم الحث الكهرومغناطيسي، وشرح قانون فاراداي.

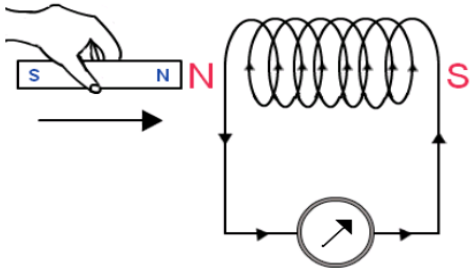
اشرح قانون لينز
فهم مفهوم الاستقراء المتبادل والاستقراء الذاتي
حدد الحث المتبادل والحث الذاتي والعوامل المؤثرة في كل منهما. احسب القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في سلك مستقيم متحرك.
حدد بنية المولد الكهربائي وكيفية عمله. احسب القيمة اللحظية للقوة الدافعة الكهربائية المستحثة. حدد بنية المحول الكهربائي وكيفية عمله.

الدرس الأول

معنى الحث الكهرومغناطيسي وقانون فاراداي

مقدمة

لوحظ أن مرور تيار كهربائي في موصل يُنتج مجالاً مغناطيسياً. بعد فترة وجيزة من اكتشاف أورستد أن التيار الكهربائي يمكن أن يُنتج المغناطيسية، طُرِح سؤالٌ مفاده: هل يمكن للمجال المغناطيسي أن يُنتج مجالاً مغناطيسياً؟ التيار الكهربائي؟



عالج فاراداي هذه المشكلة من خلال سلسلة من التجارب التي أدت إلى أحد الإنجازات الكبرى في مجال الفيزياء، ألا وهو اكتشاف

الحث الكهرومغناطيسي. بناءً على هذا الاكتشاف، تم تحديد مبدأ عمل ووظيفة معظم

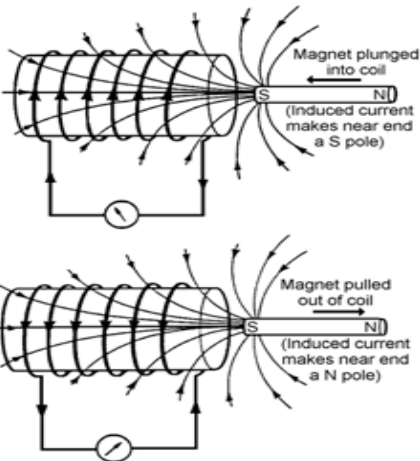
تعتمد المعدات الكهربائية - مثل المولدات الكهربائية (الدينامو) والمحولات - على ذلك.

الحث الكهرومغناطيسي اكتشفه مايكل فاراداي. تتولد قوة دافعة كهربائية (تيار) في موصل أثناء تحركه (قطعه) عبر المجال المغناطيسي

معنى الحث الكهرومغناطيسي

تجربة فاراداي:

صنع مايكل فاراداي ملفاً لولبياً طويلاً مستقيماً قام فاراداي بلف سلك نحاسي معزول بحيث تكون لفات الملف منفصلة عن بعضها. ثم وصل طرفي الملف بجهاز جلفانومتر حساس، وكانت قراءة الصفر عند منتصف مقياسه المدرج، كما هو موضح في الشكل. عندما غمر فاراداي مغناطيساً في الملف، لاحظ انحراف مؤشر الجلفانومتر لحظياً في اتجاه معين. وعند إزالة المغناطيس من الملف، لوحظ انحراف المؤشر في الاتجاه المعاكس. تُعرف هذه الظاهرة بالحث الكهرومغناطيسي.



الحث الكهرومغناطيسي

(هي ظاهرة يتم فيها توليد قوة دافعة كهربائية مستحثة والتيار مستحث في الموصل بواسطة مجال مغناطيسي متغير) **(التدفق المغناطيسي)** علاوة على ذلك، فإن تأثير المغناطيس يقابله رد فعل من الملف.

أ) إذا تم غمر المغناطيس في الملف، فإن المجال المغناطيسي المستحث يعمل بطريقة تعاكس حركة المغناطيس.

ب) إذا تم سحب المغناطيس للخارج، فإن المجال المغناطيسي المستحث يعمل على الاحتفاظ بالمغناطيس في مكانه.

خاتمة

وخلص فاراداي إلى أن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة والتيار المستحثين قد تم توليدهما في الدائرة نتيجة للتغير الزمني لخطوط المجال المغناطيسي أثناء قطعها لملفات الملف أثناء حركة المغناطيس.

قوانين فاراداي:

انطلاقاً من ملاحظات فاراداي المذكورة أعلاه، يمكن استنتاج ما يلي:

(1) الحركة النسبية بين موصل ومجال مغناطيسي، حيث يتغير التدفق المغناطيسي المرتبط بالموصل مع الزمن، تولد قوة دافعة كهربائية في الموصل. ويعتمد اتجاه هذه القوة على اتجاه حركة الموصل بالنسبة للمجال.

(2) يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة مع المعدل الذي يقطع به الموصل خطوط التدفق المغناطيسي المرتبط به.

(3) مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة يتناسب مع عدد لفات الملف N التي تقطع (أو ترتبط بـ) التدفق المغناطيسي.

$$\frac{-\Delta \Phi}{\Delta t} = \mathcal{E}$$

أين $\Delta \Phi$ يمثل التغير في التدفق المغناطيسي الذي يعترضه الموصل خلال الفترة الزمنية Δt

تشير الإشارة السالبة في العلاقة المذكورة أعلاه إلى أن اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة أو التيار المستحث يميل إلى معاكسة السبب الذي أدى إلى ظهوره. تُعرف هذه القاعدة بقاعدة لينز.

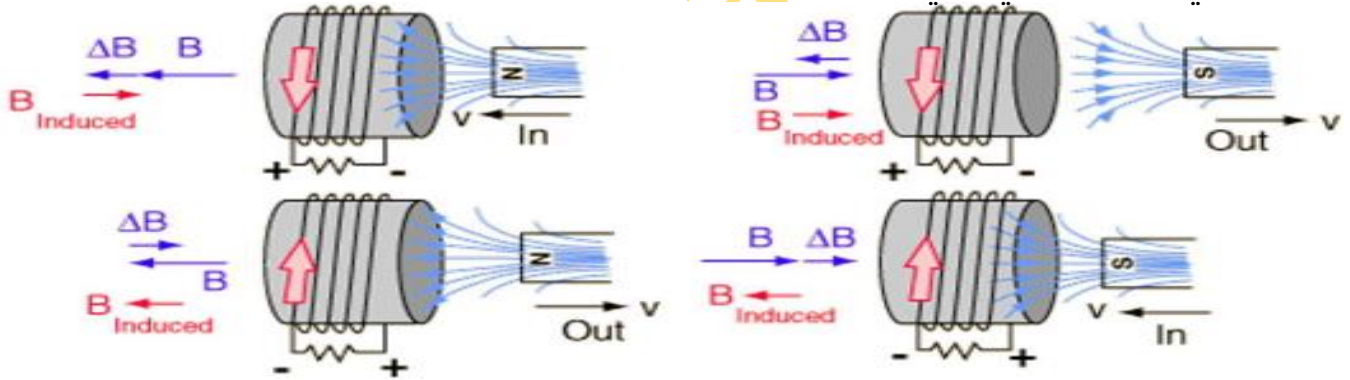
الدرس الثاني قانون لينز

قانون لينز

يستخدم قانون لينز لتحديد اتجاه التيار المستحث في ملف، وهو قانون الحث الكهرومغناطيسي لينز. تنص على أن

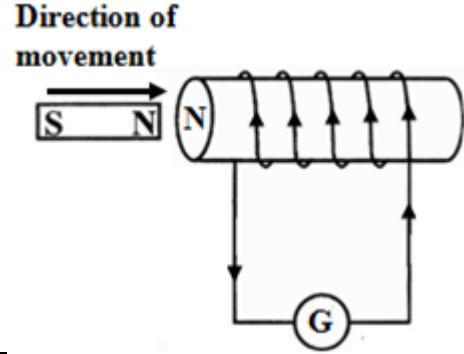
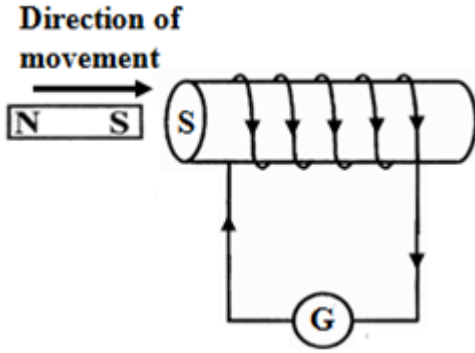
(يجب أن يكون اتجاه التيار المستحث معاكساً للتغير الذي أدى إلى حدوثه)

أي أن اتجاه التيار المستحث في موصل بفعل مجال مغناطيسي متغير (وفقاً لقانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي) يكون بحيث يكون المجال المغناطيسي الناتج عن التيار المستحث **يعارض** المجال المغناطيسي المتغير الأولي الذي أنتجه.

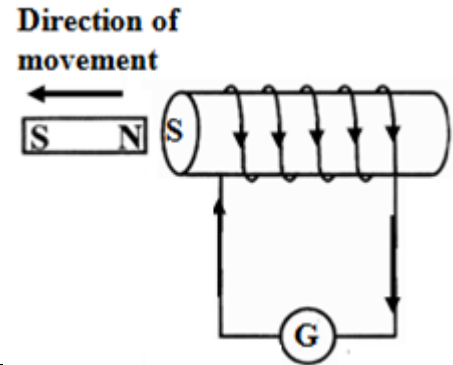
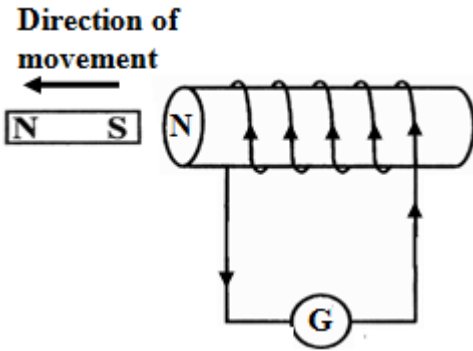


شرح قانون لينز:

1) عندما يقترب القطب الشمالي أو القطب الجنوبي سيكون التيار المستحث في الملف في هذا الاتجاه تشكيل قطب مماثل معارضة حركة المجال المغناطيسي. (قوة تنافر).



2) متى العودة إلى الخلف القطب الشمالي أو القطب الجنوبي، التيار المستحث في الملف. سيكون في هذا الاتجاه تشكيل أقطاب مختلفة معارضة حركة المجال المغناطيسي ((قوة الجذب).



وفقاً لقاعدة لينز، يعتمد اتجاه التيار المستحث المتولد في الموصل على

1) اتجاه الحركة.

2) اتجاه المجال المغناطيسي.

يتذكر

أ) عندما يتم تحريك المغناطيس باتجاه الملف اللولبي، يزداد التدفق المغناطيسي المرتبط بالملف، ويتشكل الطرف القريب من الملف كقطب يميل إلى صدّه.

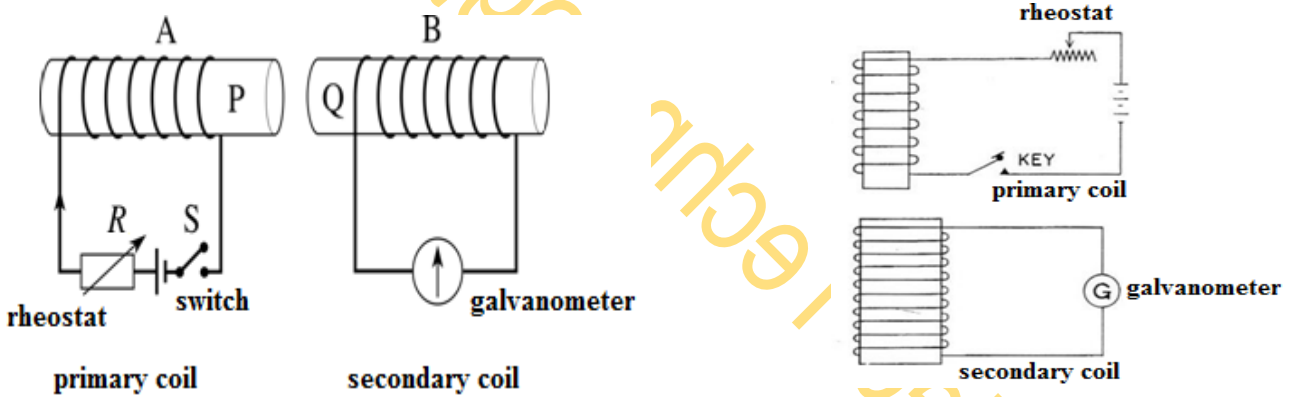
ب) عندما يتم إبعاد المغناطيس عن الملف اللولبي، يؤدي انخفاض التدفق المغناطيسي المرتبط بالملف إلى تكوين قطب مختلف عن القطب الموجود في الطرف القريب من الملف، كما لو كان يميل إلى جذبه بعيداً.

الدرس الثالث

الاستقراء المتبادل والاستقراء الذاتي

الحث المتبادل بين ملفين:

(إنها قوة دافعة كهربائية مستحثة تحدث بين ملفين عندما تتولد قوة دافعة كهربائية مستحثة في أحدهما (الملف الثانوي) بسبب تغير التيار في الملف الآخر (الملف الابتدائي)، مما يعاكس التغير المسبب له).

**إنتاج القوة الدافعة الكهربائية المستحثة على الملف الثانوي** تتولد

- القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف الثانوي بعدة طرق
- قم بغمر أو إزالة الملف الابتدائي من داخل الملف الثانوي.
- باستخدام المقاومة المتغيرة، قم بزيادة أو تقليل شدة التيار في الملف الابتدائي.
- باستخدام المفتاح، قم بتشغيل أو إيقاف الدائرة الرئيسية

يتذكر

- لا يوجد جهد كهربائي مستحث في الملف الثانوي إلا عندما
 - يتغير التيار في الملف الابتدائي.
 - الحركة النسبية بين الملفين الابتدائي والثانوي (تقطع خطوط التدفق في الملف الابتدائي الأسلاك في الملف الثانوي.
- قوة دافعة كهربائية في الملف الثانوي تتسبب في انحراف مؤشر الجلفانومتر. (2) إذا تم إغلاق المفتاح في الملف الابتدائي ليضع ثوانٍ فلن تتولد قوة دافعة كهربائية مستحثة في الملف الثانوي. وذلك لأن المجال المغناطيسي ثابت (لا يوجد تغير في التدفق المغناطيسي).

يوجد نوعان من القوة الدافعة الكهربائية المستحثة المتولدة في الملف

أولاً: القوة الدافعة الكهربائية المستحثة بالظهير

- (أ) تشغيل التيار في الملف الابتدائي
 (ب) زيادة شدة التيار في الملف الابتدائي باستخدام مقاومة متغيرة.
 (ج) تحريك الملف الابتدائي بالقرب من الملف الثانوي أو داخله أولاً: القوة

الدافعة الكهربائية المستحثة الأمامية

- (أ) إبعاد الملف الابتدائي عن (إخراج) الملف الثانوي
 (ب) تقليل شدة التيار في الملف الابتدائي باستخدام مقاومة متغيرة.
 (ج) إيقاف التيار في الملف الابتدائي

القوة الدافعة الكهربائية المستحثة المتولدة في الملف الثانوي (القوة الدافعة الكهربائية) يمكن حسابها

$$\frac{-N_2 \Delta \phi}{\Delta t} = -N_1 \Delta I = \frac{M}{\Delta t} \times 2$$

المجال الكهرومغناطيسي في الملف الثانوي (فولت)

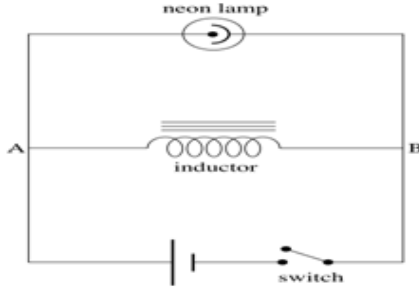
معدل تغير التيار في الملف الابتدائي (أمبير/ثانية)

معامل الحث المتبادل (الحث المتبادل) (هينيري): عدد لفات الملف الثانوي

معدل تغير التدفق المغناطيسي المرتبط بالملف الثانوي (ويبر/ثانية)

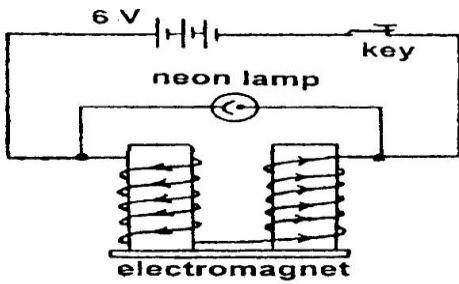
يعتمد معامل الحث المتبادل بين ملفين على...

- (أ) وجود قلب حديدي داخل الملف.
 (ب) حجم الملف وعدد لفاته.
 (ج) المسافة التي تفصل بينهما.
 يُعتبر المحول مثلاً واضحاً على الحث المتبادل

ثانياً: الحث الذاتي في ملف:

عند مرور تيار كهربائي في دائرة كهربائية، فإنه يُنشئ مجالاً مغناطيسياً يسبب تدفقاً مغناطيسياً عبر الدائرة نفسها؛ ويتغير هذا التدفق بتغير التيار. وبالتالي، فإن أي دائرة كهربائية تحمل تياراً متغيراً تولد فيها قوة دافعة كهربائية نتيجة لتغير مجالها المغناطيسي.

(ظاهرة توليد القوة الدافعة الكهربائية في ملف بسبب التغير في التيار في نفس الملف، وبالتالي التغير في التدفق المغناطيسي في الملف)

لاحظان:

(1) هذه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة المتولدة نتيجة الحث الذاتي للملف على إيقاف التشغيل أو تشغيل دائرتها، وفقاً لقاعدة لينز.

(2) يتطلب مصباح النيون فرق جهد يبلغ حوالي 180 فولت حتى يضيء.

(3) عندما يكون عدد لفات الملف كبيراً، ستكون القوة الدافعة الكهربائية المستحثة عند إيقاف تشغيل الدائرة أكبر بكثير أكبر من حجم البطارية، مما يتسبب في توهج مصباح نيون موصول بالتوازي بين طرفي الملف

يمكن حساب القوة الدافعة الكهربائية الذاتية المتولدة في الملف (القوة الدافعة الكهربائية).

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta I}{\Delta t} \times \frac{L}{N}$$

(القوة الدافعة الكهربائية): القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف الثانوي (فولت)

$\frac{\Delta I}{\Delta t}$: معدل تغير التيار في الملف (أمبير/ثانية)

L : معامل الحث الذاتي (الحث الذاتي) (هينري)

يعتمد معامل الحث الذاتي (معامل الحث الذاتي) للملف على

(1) هندسة الملف (الحجم والطول وعدد اللفات)

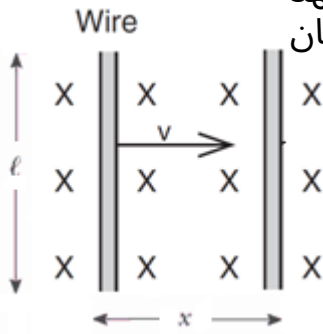
(2) المسافة بين المنعطفات

(3) وجود قلب حديدي داخل الملف (النفاذية المغناطيسية)

الدرس الرابع المولد الكهربائي (الدينامو)

القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في سلك مستقيم يتحرك عمودياً على

مجال مغناطيسي: إذا قطع سلك مجالاً مغناطيسياً، أو العكس، يتولد فرق جهد بين طرفي السلك. ويتسبب هذا الجهد المستحث في مرور تيار كهربائي إذا كان السلك جزءاً من دائرة مغلقة.



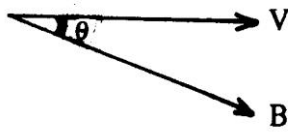
عندما يكون طول السلك (ل) يتم تحريكه في اتجاه عمودي على المجال المغناطيسي ذي الكثافة (B) بسرعة (v)، بحيث يتم إزاحته مسافة (Δx) في الوقت (Δt).

قوة دافعة كهربائية مستحثة تتولد بين طرفي $(v - \frac{\Delta x}{\Delta t})$.

يتم تحديد السلك بواسطة

$$Bv = \text{القوة الدافعة الكهربائية}$$

سلك يتحرك بسرعة ويصنع زاوية (θ) مع المجال المغناطيسي:



إذا تحركت الأسلاك بزاوية على طول اتجاه المجال المغناطيسي

$$B v \sin \theta = \text{القوة الدافعة الكهربائية}$$

قاعدة فليمنج لليد اليمنى

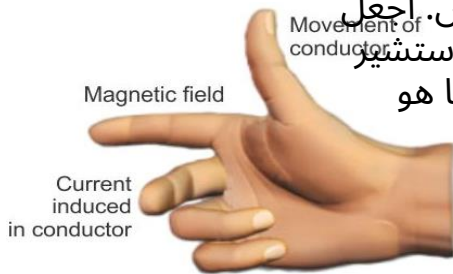
يستخدم لتحديد اتجاه التيار المستحث في السلك مدّ الإبهام والسبابة

والوسطى من اليد اليمنى، بحيث تكون متعامدة مع بعضها البعض. اجعل

السبابة تشير إلى اتجاه المجال، والإبهام إلى اتجاه الحركة، وعندها ستشير

الوسطى (مع بقية الأصابع) إلى اتجاه التيار أو الجهد المستحث كما هو

موضح في الشكل.



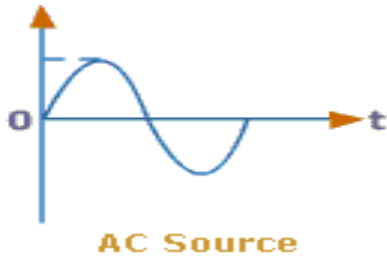
يتدفق التيار الكهربائي بطريقتين: (1) التيار المتردد (AC) (2) التيار المستمر (DC).

التيار المستمر (DC)



- (1) التيار الذي يتدفق في اتجاه واحد فقط في الدائرة الكهربائية
- (2) له شدة ثابتة واتجاه ثابت
- (3) ينتج مجالاً مغناطيسياً ثابتاً (مستقراً)
- (4) تردده = صفر
- (5) يتم إنتاجه بواسطة بطارية أو مولد تيار مستمر

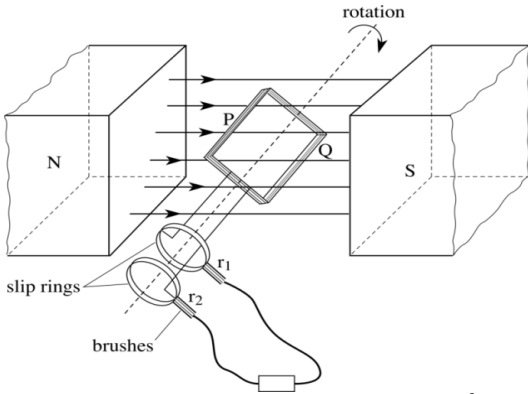
التيار المتردد (AC)



- (1) التيار الذي يتدفق ذهاباً وإياباً في اتجاهين متعاكسين في دائرة كهربائية
- (2) يغير اتجاهه وشدة بشكل دوري
- (3) ينتج مجالاً مغناطيسياً متغيراً
- (4) له تردد
- (5) يتم إنتاجه بواسطة مولد التيار المتردد.

أولاً: مولد التيار المتردد (دينامو)

مولد التيار المتردد هو جهاز يستخدم لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية. **مبدأ**



يعتمد ذلك على مبدأ الحث الكهرومغناطيسي، والذي بموجبه يتم توليد قوة دافعة كهربائية في ملف عند تدويره في مجال مغناطيسي منتظم.

الأجزاء الأساسية لمولد التيار المتردد

مغناطيس محال:

مغناطيس ذو مجال قوي (مغناطيس دائري أو مغناطيس كهربائي) بأقطاب مقعرة. تنتج الأقطاب المقعرة مجالاً مغناطيسياً شعاعياً (مجالاً مغناطيسياً منتظماً).

هيكل داعم:

هو عبارة عن ملف مستطيل الشكل يتكون من عدد كبير من لفات السلك الملفوفة على قلب من الحديد المطاوع المصفح ذي نفاذية عالية حلقتان

انزلاقيتان:

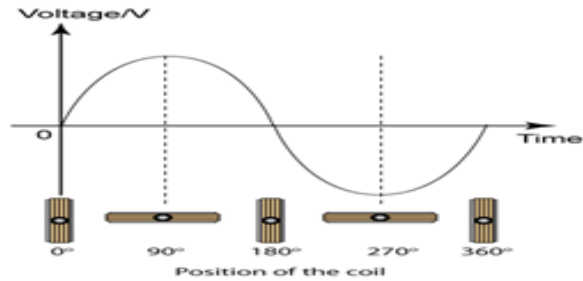
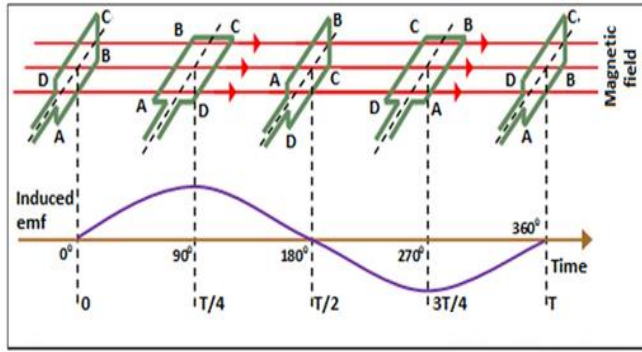
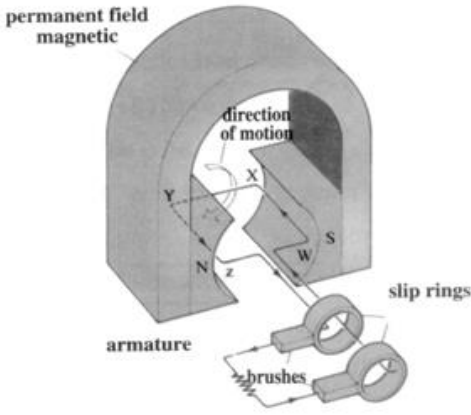
يتم توصيل طرفي الملف بحلقتين انزلاقيتين تدوران مع الملف.

كل حلقة انزلاقية تكون دائماً على اتصال بنفس فرشاة الكربون.

فرشأتان من الجرافيت:

تلامس فرشأتان كربونيتان كل حلقة من الحلقات التي تشكل أطراف الدائرة الخارجية

تنتقل التيارات المستحثة في الملف إلى الدائرة الخارجية من خلالها. لا تدور الفرشتان مع الملف.

**عمل**

عندما يدور الملف، تقطع جوانبه عبر تغيير خطوط المجال المغناطيسي، والتدفق المغناطيسي المرتبط بالملف، ويتدفق التيار المستحث في الملف، وبالتالي يكون للتيار المستحث شدة متغيرة. ويحدد اتجاه التيار المستحث بقاعدة اليد اليمنى لفليمنج.

يتغير اتجاه التيار المستحث في الدائرة الخارجية مع كل نصف دورة للملف. لذا، فإن التيار المستحث متناوب. وبما أن المحرك يكمل عدداً من الدورات في ثانية واحدة، فإن التيار المتناوب يكون بتردد معين. و يتم إنتاجه **القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الدينامو**

لنفترض وجود ملف مستطيل الشكل مساحته A يحتوي على N لفة يدور حول محوره في دائرة بتردد ω في مجال مغناطيسي منتظم يبدأ B دورانه من الوضع الصفري عندما يكون مستواه عمودياً على خطوط التدفق تتحرك جوانبه بسرعة خطية ثابتة، مشكلة زاوية (θ) مع اتجاه المجال المغناطيسي. عندئذٍ تكون القيمة اللحظية للقوة الدافعة الكهربائية المستحثة المتولدة في الملف

$$=$$

المجال الكهرومغناطيسي ملف: يمثل القيمة اللحظية للقوة الدافعة الكهربائية المستحثة

θ : الزاوية بين العمودي على مستوى الملف (محور الملف) وخطوط التدفق المغناطيسي.

القيمة اللحظية للتيار المستحث i ناتجة من توليدها في ملف المقاومة الكلية R يمكن الحصول على ذلك من العلاقة التالية

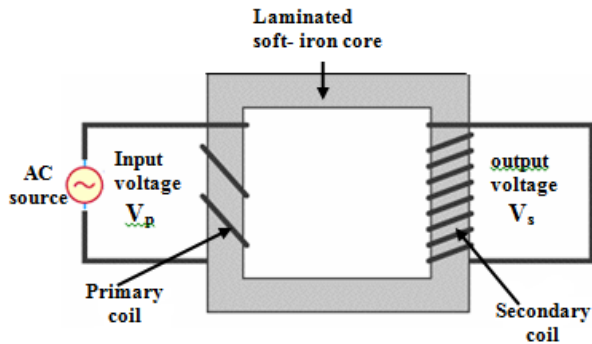


الدرس الخامس

المحول الكهربائي

المحول الكهربائي

المحول هو جهاز كهربائي يستخدم لتحويل الجهد المتردد المنخفض إلى جهد متردد عالٍ والعكس.



ينقل المحول الطاقة الكهربائية من دائرة كهربائية إلى أخرى. ويعتمد هذا المحول على مبدأ الحث الكهرومغناطيسي (الحث المتبادل بين ملفين).

يتكون المحول من ملفين ابتدائي وثانوي معزولين عن بعضهما، ملفوفين على قلب حديدي ناعم. ولتقليل التيارات الدوامية، يستخدم قلب حديدي رقائق.

التيارات الدوامية

(هي تيارات مستحثة تدور في مسارات مغلقة نتيجة لتغير التدفق المغناطيسي عبر موصل صلب، مصحوباً بتأثير التسخين))

عمل

يطبق تيار متردد على الملف الابتدائي. ينتج التيار المتغير باستمرار في الملف الابتدائي تدفقاً مغناطيسياً متغيراً فيه، والذي بدوره ينتج تدفقاً مغناطيسياً متغيراً في الملف الثانوي. وبالتالي، تتولد قوة دافعة كهربائية مستحثة على الملف الثانوي.

لنفترض V_p و V_s لتكن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملفات الأولية والثانوية و N_p و N_s ليكن عدد اللفات في الملفين الابتدائي والثانوي على التوالي.

ضد - N_s

N_p نائب الرئيس

بالنسبة للمحول المثالي، تكون القدرة الداخلة مساوية للقدرة الخارجة.

$$V_p I_p = V_s I_s$$

صفحة 27 من 28

حيث أن V_s و V_p هي تيارات في الملفات الأولية والثانوية.

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{I_p}{I_s} \quad \text{هكذا} \quad \frac{V_s}{V_p} = \frac{I_p}{I_s}$$

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

حيث K تسمى نسبة المحول (بالنسبة للمحول الرفع $K < 1$ وبالنسبة للمحول الخافض $K > 1$)

في محول رفع الجهد $V_s > V_p$ مما يعني أن $I_s < I_p$ وبالتالي، يزيد المحول الرفع للجهد عن طريق تقليل التيار، وهو ما يتوافق مع قانون حفظ الطاقة. وبالمثل، يخفض المحول الخافض للجهد عن طريق زيادة التيار.

كفاءة المحول

تُعرف كفاءة المحول بأنها نسبة الطاقة الكهربائية الخارجة إلى الطاقة الكهربائية الداخلة قوة.

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} = \frac{V_s I_s}{V_p I_p}$$

$$\eta = \frac{V_s I_s}{V_p I_p} = \frac{V_s I_s}{V_p I_p}$$

تكون الكفاءة $\eta = 1$ (أي 100%) فقط في حالة المحول المثالي حيث لا يوجد فقد في الطاقة. ولكن عملياً، توجد عوامل عديدة تؤدي إلى فقد الطاقة في المحول، وبالتالي تكون الكفاءة دائماً أقل من واحد.