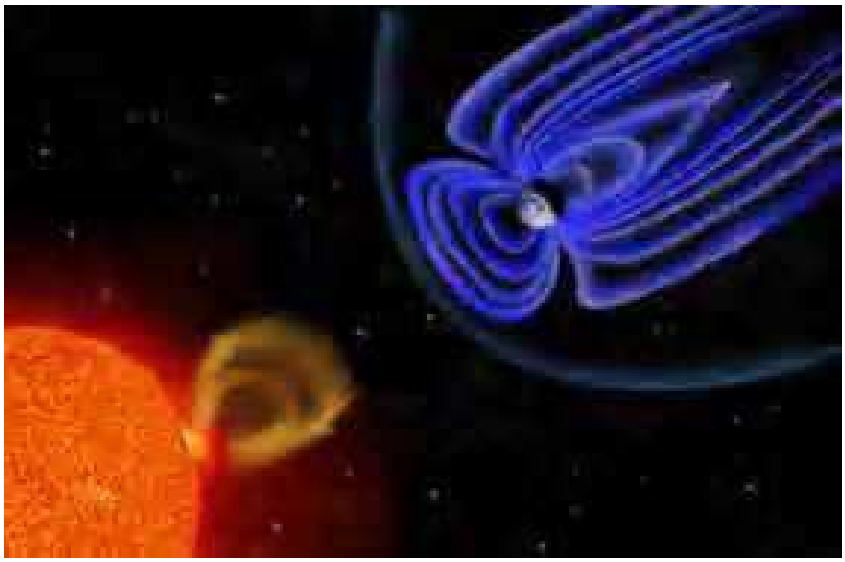
الفصل الخامس

المغناطيسية



محتويات الفصل

مقدمة
المغانطيس والأقطاب المغناطيسية
أنواع المجال المغناطيسي وأشكاله
المجال المغناطيسي
تأثير القوة المغناطيسية على الكهرباء
تأثير القوة المغناطيسية على الأسلاك الكهربائية
الجلفانوميتر ومقياس التيار – الأميتر ومقياس الفولت – الفولتميتر
مصادر المجال المغناطيسي
المجال المغناطيسي لسلك طويل وملف اسطواني
القوة المغناطيسية بين الأسلاك الكهربائية
المواد المغناطيسية: المواد حديدية المغنطة والمواد غير الحديدية
المجال المغناطيسي الأرضي والرياح الشمسية وحزام فان آلن الإشعاعي
الحث أو التحريض الكهرمغناطيسي وإنتاج التيار
قانون فاراداي وقانون لنز
المولد الكهربائي والمحول الكهربائي
ملخص الفصل
أسئلة

5-1 مقدمة: أصل المغناطيسية وطبيعتها

ما أصل المغناطيسية وكيف تظهر في الأجسام؟ لماذا تتمغط القطع الحديدية عند لفها بسلك يمر فيه كهرباء ولايحدث ذلك في اللألمنيوم أو الخشب؟ لاشك إن هناك علاقة بين إمكانية تمغنط المواد وطبيعتها التركيبية الذرية الداخلية. وهذا ما نريد ن نفهمه في دراستنا للمغناطيسية.

ترتبط المغناطيسية بالكهرباء بشكل وثيق، وعلى الرغم من أننا ندرس كل منها بشكل منفصل ونعرف كلا من القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية كل على حدة إلا أن القوة الكهربائية تنتج من وجود شحنات كهربائية سواء كانت ساكنة أم متحركة بينما تنتج القوة المغناطيسية عن حركة الأجسام المشحونة فقط، كما سنرى لاحقا، ولهذا فهناك ارتباط أساس بين الكهرباء والمغناطيسية. وبما أن كلا القوتين ترتبط بالكهرباء بهذا الشكل لذا يطلق عليهما أحيانا اسم **القوة الكهرمغناطيسية** (electromagnetic force). فالمغناطيسية نتيجة حركة الشحنات الكهربائية وكل الأجسام المغناطيسية، بما في ذلك الكرة الأرضية، لابد وأن تحمل تيارات كهربائية بشكل أو بآخر. وسندرس في هذه الوحدة طبيعة الأجسام المغناطيسية وتأثيرها على الشحنات الكهربائية ومصادر خاصية التمغنط وكيفية الاستفادة منها.

5-2 المغانطيس والأقطاب المغناطيسية

يعتقد الكثير من الناس أن المغناطيسية خاصة طبيعية مثل خاصة الكتلة والشحنة، بمعنى أنها إما أن تكون موجودة بالجسم أو غير موجودة. لكننا سنرى في هذه الفقرة أنها بالحقيقة خاصة متولدة ناتجة عن الكهرباء. وتظهر في حالات معينة فقط لبعض الأجسام.

وقد عرف الإنسان المغانط الطبيعية من ايام اليونان والإغريق القدماء. واشتق اسمها من اللغة الإغريقية عندما لاحظ أن بعض المعادن تستطيع

جذب معادن معينة، كبرادة الحديد، لها. وقد تصور القدماء أن قدرة المغناطيس على جذب برادة الحديد كانت نتيجة قوة خارقة غير طبيعية وبأن للمغناطيس روح قادرة على التأثير على هذه الأجسام. ومع بداية القرن الأول بعد الميلاد استطاع الصينيون الحصول على مغناطيس من الحديد بدلك قطعة حديدية بمغناطيس طبيعي، وأدى ذلك لأول تطبيق عملي للمغناطيسية في التاريخ بصناعة البوصلة مما دل على أن الأرض تملك خواصا مغناطيسية أساس.

ويبين الشكل (3–1) بعض المغنط الطبيعية المعروفة.

(أ) مغناطيس على شكل قضيب (ب) مغناطيس على شكل حدوة حصان

الشكل (5–1)

3–5 أنواع المجال المغناطيسي وأشكاله

تتوفر المغانط المصنعة حاليا بكثرة ويسر لأننا نعرف كيف نصنعهم إلا أنه وإلى وقت ليس ببعيد لم يكن الحصول على مغناطيس بهذه السهولة وكانت معظم المغانط المعروفة هي المغانط الطبيعية فقط. فكيف نصنع مغناطيسا؟ وكيف نستطيع المحافظة عليه أو إلغاء مغناطيسيته نهائيا؟

فمن المعروف أنه إذا قربنا برادة حديد ناعمة من قضيب مغناطيسي لوجدنا أن أكبر كمية منها تلتصق بطرفيه مما يدل على أن مغناطيسية هذه الأطراف أكبر من بقية القضيب. تسمى أطراف المغناطيس **بالأقطاب** (poles) ونقول إن للمغناطيس **قطب شمالي** وآخر **جنوبي** لأنه لو علقنا مغناطيسا خفيفا وتركناه يدور بشكل حر فوق سطح الأرض لوجدنا أن أحد قطبيه يتجه نحو الشمال الجغرافي (فسمي قطب شمالي) بينما يتجه طرفه

الآخر نحو الجنوب الجغرافي (وسمي قطب جنوبي). ومما أثار فضول الناس دوما أنهم لم يتمكنوا أبدا من فصل القطبين عن بعضهما أي أنه لم يمكن حتى الآن الحصول على قطب شمالي لوحده أو قطب جنوبي لوحده. ولو كسرنا قضيبا مغناطيسيا إلى نصفين لحصلنا على مغناطيسين آخرين لكل واحد منهما قطبان شمالي وجنوبي ومهما كررنا المحاولة لحصلنا على نفس النتيجة.

من جهة أخرى، تبين من التجربة أننا إذا قربنا مغناطيسين من بعضهما فإن الأقطاب المتماثلة تتنافر والأقطاب المختلفة تتجاذب، تماما مثل الشحنات الكهربائية. من هنا نصل لقانون الأقطاب (law of poles) الذي ينص على أن: **الأقطاب المتماثلة تتنافر والأقطاب المختلفة تتجاذب**.

سؤال:

بحسب قانون الأقطاب فإن القطب الشمالي لإبرة مغناطيسية ينجذب نحو القطب المغناطيسي الجنوبي للأرض. لماذا يتجه قطب الإبرة هذا إذا نحو الشمال الجغرافي للأرض؟

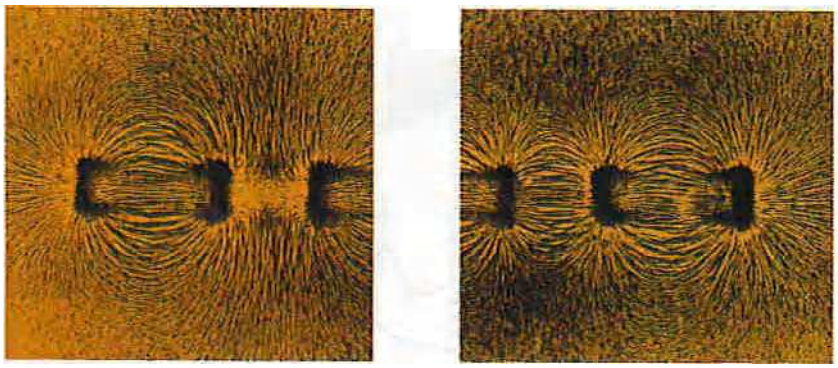
الجواب: لأن القطب المغناطيسي الجنوبي للأرض يتجه تقريبا نحو القطب الشمالي الجغرافي لها والعكس صحيح.

5-4 المجال المغناطيسي

لو نثرنا برادة حديد قرب مغناطيس على طاولة، كما في الشكل (3-2)، للاحظنا أن البرادة تتوزع وفق خطوط محددة تنطلق من قطبي المغناطيس. تسمى هذه الخطوط **خطوط المجال المغناطيسي**. ونلاحظ أن أكبر كمية من البرادة قد تجمعت قرب القطبين، كما أسلفنا سابقا، ولهذا نقول إن **شدة المجال** (intensity) هناك أكبر مايمكن. وتمثل خطوط المجال المغناطيسي عند أي نقطة منها المنحى الذي تأخذه إبرة مغناطيسية موضوعة، كما نرى في الشكل (5-2). كما يوضح الشكل (4-3) خطوط المجال المغناطيسي

الناتج بين مغناطيسين موضوعين بحيث يتقابل قطباهما المختلفان (3–3 أ) وقطباهما المتاثلان (5–3 ب).

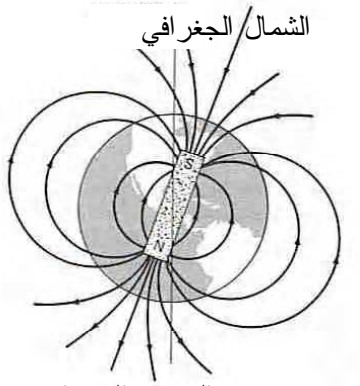
ويرمز لشدة المجال المغناطيسي بالرمز **B** ويطلق على وحدته في النظام الدولي اسم **تسلا** (Tesla) وتعطى الرمز T وهي تساوي 1 N/A.m . وقد تبين أن مجالا مغناطيسيا شدته 1 T يعتبر كبيرا جدا. لذا فإن شدة مجالات المغانط المتوفرة في المختبرات العادية لاتتجاوز 0.01 T. أما المجال المغناطيسي للأرض فيصل لحوالي 5×10^{-5} T .



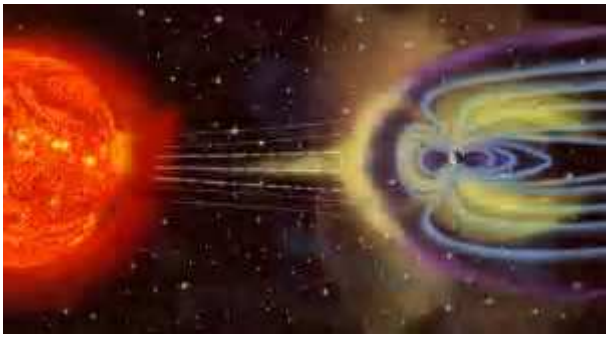
(أ) القطبان المتقابلان مختلفين (ب) القطبان المتقابلان متماثلين

الشكل (3–3): خطوط المجال المغناطيسي بين مغناطيسين

وتشبه خطوط المجال المغناطيسي للكرة الأرضية خطوط المجال لقضيب مغناطيسي على امتداد قطر الأرض، كما هو موضح بالشكل (4–4)، حيث نلاحظ أن القطب الشمالي لهذا المغناطيس يتجه (تقريبا) نحو القطب الجنوبي الجغرافي للأرض بينما يتجه قطبه الجنوبي نحو القطب الشمالي الجغرافي.



الشكل (3-4)



المجال المغناطيسي الأرضي وامتداده

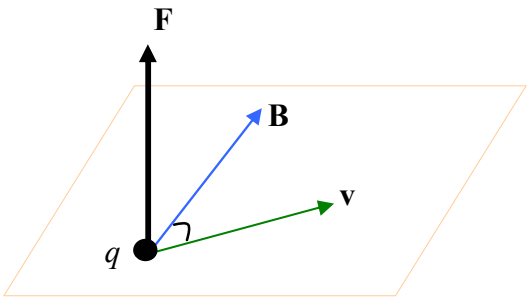
5-5 تاثير القوة المغناطيسية على الكهرباء

هل تتأثر ذرات الهواء العادي بمغناطيسية الأرض؟ كيف يمكن لنا ان نتفحص هذا ونعرف كيف تفيدنا مغناطيسية الأرض التي تحيط بنا من كل جانب؟ هل نستفيد من تأثير المجال المغناطيسي على حركة الإلكترونات في الأجهزة الكهربائية البيتية؟

لقد تبين من التجارب المختلفة أنه إذا تحرك جسم شحنته q في منطقة فيها مجال مغناطيسي شدته B بسرعة v عمودية عليه فإنه يخضع لقوة مغناطيسية تعطى قيمتها بالعلاقة:

$$F=qvB \qquad (1-5)$$

وتتجه هذه القوة عموديا على كل من سرعة الجسم واتجاه المجال، أي عموديا على المستوي الحاوي لهما، كما في الشكل (3-5).
ولاتجاه القوة المغناطيسية بالنسبة لسرعة الجسم أثر كبير على حركته. ذلك أن أي قوة عمودية على سرعة جسم لاتزيد من قيمتها بل تحرفه عن مساره وتجعله يتحرك في مسار دائري، أي أنها قوة مركزية قيمتها mv^2/r.



الشكل (5-5)

ويمكن معرفة نصف قطر المسار الدائري الذي يتحرك عليه جسم مشحون في مجال مغناطيسي بسهولة. فإذا افترضنا أن جسما كتلته m وشحنته q دخل منطقة فيها مجال مغناطيسي B بسرعة v، عندئذ تكون قيمة القوة المؤثرة عليه هي:

$$F=qvB$$

وبما أن القوة عمودية على السرعة فهي مركزية، أي أن:

$$qvB = m\frac{v^2}{r}$$

ومن ثم نجد نصف قطر المسار الدائري من العلاقة السابقة:

$$r = \frac{mv}{qB} \qquad (2-5)$$

مثال (5-1)

يدخل بروتون شحنته $e=1.6\times10^{-19}$ C وكتلته $m=1.67\times10^{-27}$ kg بسرعة $v=5\times10^{6}$ m/s عمودية على مجال مغناطيسي شدته 0.1 T . ماقيمة القوة المغناطيسية المؤثرة على البروتون وما نصف قطر المسار الذي سيتحرك عليه؟

الحل:

نستخدم العلاقة (5-1) لحساب قيمة القوة المغناطيسية فنجد:

$$F = qvB$$
$$\Rightarrow F = (1.6\times10^{-19}\,\text{C})(5.0\times10^{6}\,\text{m/s})(0.1\text{T}) = 8.0\times10^{-14}\,\text{N}$$

كما نجد نصف قطر المسار الدائري من العلاقة (5-2):

$$r = \frac{mv}{qB} = \frac{(1.67\times10^{-27}\,\text{kg})(5.0\times10^{6}\,\text{m/s})}{(1.6\times10^{-19}\,\text{C})(0.1\text{T})}$$

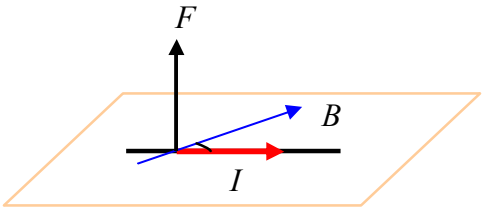
$$\Rightarrow r = 5.2\times10^{-2}\ \text{m}=5.2\ \text{cm}$$

5-6 القوة المغناطيسية على تيار كهربائي

بما أن التيار الكهربائي ينتج عن حركة الأجسام المشحونة فإن أي مجال مغناطيسي B يؤثر بقوة مغناطيسية على سلك عمودي عليه طوله l ويمر فيه تيار I . وتعطى قيمة هذه القوة بالعلاقة:

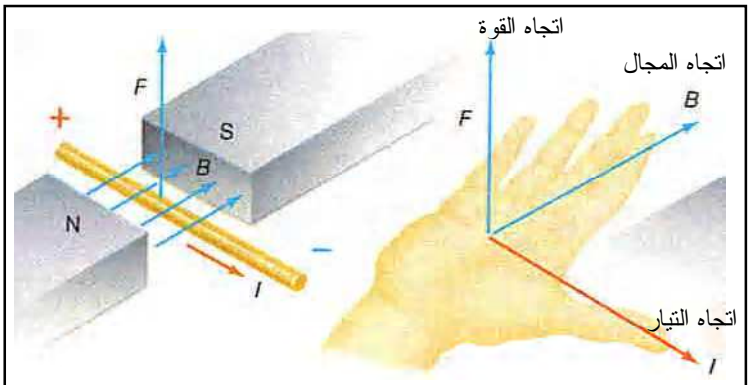
$$F = IlB \qquad (3-5)$$

وتتجه هذه القوة أيضا، كما في حالة حركة جسم مشحون تماما، باتجاه عمودي على التيار والمجال، كما هو مبين بالشكل (5-6).



الشكل (5-6)

ويمكن تحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على جسم مشحون أو تيار كهربائي بطريقة بسيطة باستخدام اليد اليمنى. فيوجه الإبهام باتجاه سرعة الجسم أو التيار الكهربائي بينما توجه بقية الأصابع باتجاه المجال، عندئذ يصير الكف مشيرا لاتجاه القوة المغناطيسية، كما هو موضح بالشكل (5-7).



الشكل (5–7): طريقة تحديد اتجاه القوة المغناطيسية

مثال (5–2)

ما القوة المغناطيسية التي يخضع لها سلك طوله 20 cm يمر فيه تيار 5 A عندما يوضع في منطقة فيها مجال مغناطيسي شدته 0.1 T يصنع معه زاوية 90° ؟

الحل:

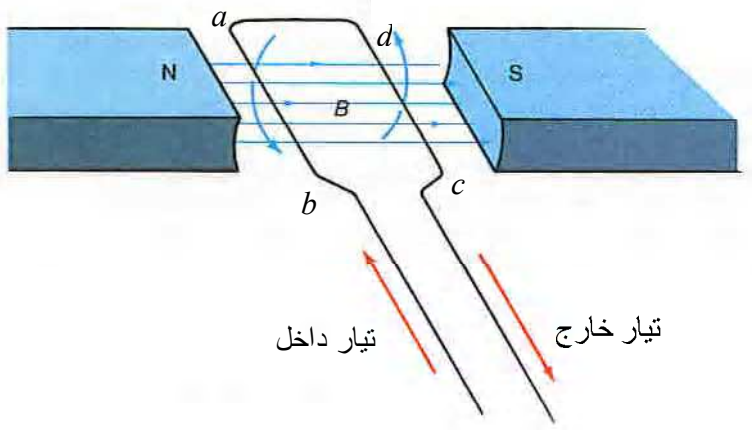
نستفيد من العلاقة (5–3) ونكتب:

$$F = IlB = (5\,\mathrm{A})(0.2\,\mathrm{m})(0.1\mathrm{T})$$
$$\Rightarrow F = 0.1\mathrm{N}$$

5–7 الجلفانوميتر

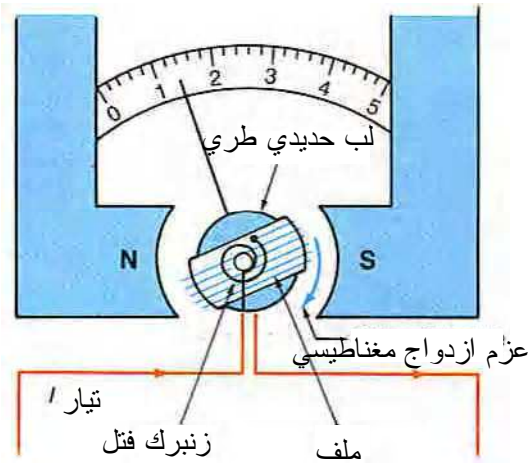
للقوة المغناطيسية المؤثرة على الأسلاك الكهربائية تطبيقات عملية مهمة جدا لصناعة الأجهزة الكهربائية التي نستخدمها في حياتنا اليومية. من أهم هذه الأجهزة **الجلفانوميتر** الذي يتحسس التيارات الكهربائية الضعيفة ويصنع منه مقياس التيار (الأميتر) ومقياس الفولت (الفولتميتر). ويتألف الجلفانوميتر في أبسط أشكاله من ملف على شكل عدة لفات مستطيلة مغلقة باستثناء بدايته ونهايته اللتان توصلان بمصدر للتيار المراد قياسه. ويوضع الملف بين فكي مغناطيس، كما في الشكل (3–8)، بحيث أنه قبل مرور أي تيار فيه يكون ساكنا بوضع أفقي تقريبا. عندما يمر تيار في الملف عندئذ يخضع الضلع

ab لقوة مغناطيسية مساوية ومعاكسه للقوة التي يخضع لها الضلع cd بحيث يصير الملف تحت تأثير عزم ازدواج فيدور مع عقارب الساعة، كما هو موضح. وبما أن عزم الازدواج يتناسب مع القوة التي تزيد بازدياد التيار المار في السلك لذلك فإن دوران الملف يتناسب مع التيار وهذا هو مبدأ عمل الجلفانوميتر.



الشكل (5–8): مبدأ الجلفانوميتر

ويوضح الشكل (5–9) تركيب الجلفانوميتر حيث يوضع مؤشر بمركز الملف، الذي يربط بزنبرك فتل، بحيث يدور الملف تحت تأثير القوة المغناطيسية إلى أن يتوازن عزم الازدواج الناتج عنها مع عزم فتل الزنبرك عند زاوية معينة تتناسب مع التيار المار في الجهاز. ويوضع تدريج مقابل المؤشر بحيث يشير للصفر عند عدم مرور أي تيار في الملف ثم تتم معايرته بتمرير تيارات صغيرة معروفة تدريجيا في الملف وتحديد مواضع اتزان المؤشر على التدريج.



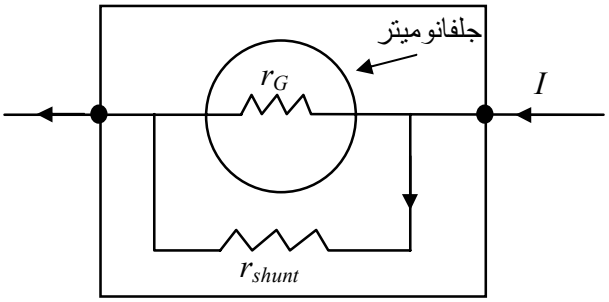
الشكل (5–9): تركيب الجلفانوميتر

لكن حتى يعمل الجلفانوميتر بشكل دقيق يجب أن لايتأثر دوران الملف بوزن السلك ولا بارتباطه بالزنبرك. أي يجب أن تكون كتلة الملف صغيرة ما أمكن مما يعني أن السلك المستخدم يجب أن يكون رفيعا جدا مما يجعل مقاومته عالية نسبيا، كما يجب أن يرتبط الملف بالزنبرك بدقة وحساسية عالية. لذلك إذا مر في الجهاز تيار كهربائي كبير فإن القدرة الكهربائية المتحولة لحرارة في السلك ستكون كبير، بسبب مقاومته العالية، مما يؤدي لانصهاره، كما يمكن أن يدور المؤشر بسرعة كبيرة فجأة مما يكسر نقطة الارتباط بالزنبرك. وفي كلتا الحالتين فإن ذلك يعني دمار الجهاز. لذلك يستخدم الجلفانوميتر لتحري التيارات الصغيرة جدا من مرتبة الميللي أمبير أو أقل، ولو أردنا استخدامه لقياس تيارات كبيرة فيجب حمايته ليمكن تحويله لمقياس تيار، كما في الفقرة التالية.

5–8 مقياس التيار (أميتر)

يمكن أن نستخدم الجلفانوميتر لقياس تيارات كبيرة في دارة كهربائية إذا استطعنا أن نمنع الجزء الأكبر من التيار من المرور داخل الجهاز. ويتم تحقيق ذلك عادة بوصل مقاومة "موزعة" (shunt) صغيرة (r_{shunt})، بالمقارنة مع مقاومة ملف الجلفانومتر، على التوازي معه، كما هو موضح

بالشكل (5–10)، بحيث يتوزع التيار إلى جزأين يمر الجزء الأكبر منه في الموزعة بينما يمر الجزء الأصغر في ملف الجلفانومتر. ويوضع الجلفانوميتر مع المقاومة الموزعة بعلبة واحدة تدعى مقياس التيار، أو الأميتر، كما يبين الشكل (5–11).

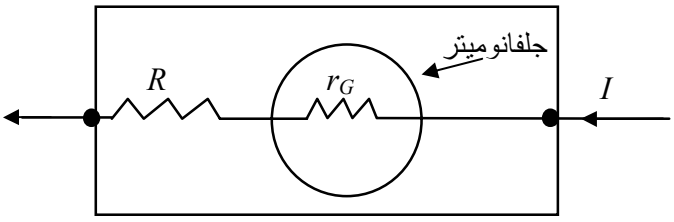


الشكل (5–10): تركيب الأميتر

الشكل (5–11): أميتر

5–9 مقياس الفولت (فولتميتر)

يصنع مقياس فرق الجهد أو **الفولتمتر** من الجلفانوميتر بوصل مقاومته بمقاومة كبير على التوالي بحيث يصير فرق الجهد بين طرفي المجموعة مساويا للقيمة المراد قياسها. كما هو موضح في الشكل (5–12). ويتم وضع الجلفانومتر مع المقاومة في صندوق واحد يسمى الفولتمتر، كما هو موضح بالشكل (5–13).

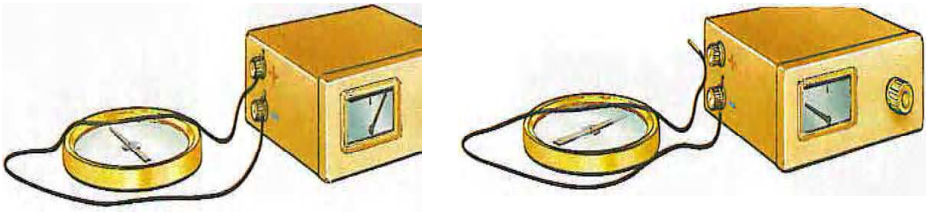


الشكل (5–12): تركيب الفولتمتر

الشكل (5–13): فولتمتر

5-10 العلاقة بين المجال المغناطيسي والتيار الكهربائي

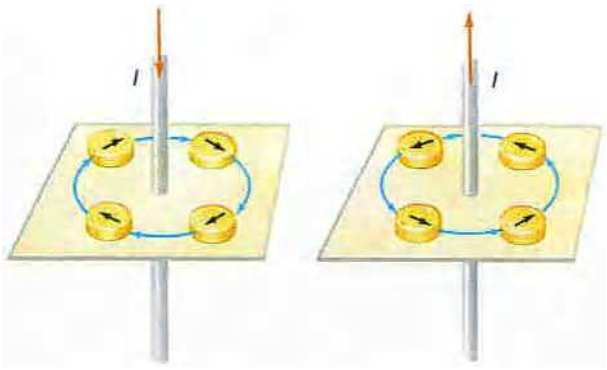
في عام 1820 اكتشف الفيزيائي الدنماركي هانز اورستيد علاقة بين مرور تيار في سلك كهربائي ووجود مجال مغناطيسي حوله. فقد لاحظ أنه إذا وضع بوصلة صغيرة قرب سلك بأنها تنحرف عند مرور تيار كهربائي فيه بينما تعود لوضعها الأصلي عند انقطاع التيار، كما هو موضح بالشكل (5-14).



(أ) لايوجد تيار والبوصلة في وضعها الطبيعي (ب) التيار مار والبوصلة تنحرف

الشكل (5-14): تأثير التيار الكهربائي على بوصلة

ولاحظ أورستيد ايضا أن قطبي البوصلة لايتجهان نحو أو بعيدا عن السلك بل يأخذان منحى دائريا، كما في الشكل (5-15)، فاستنتج أن خطوط المجال المغناطيسي الناتج عن السلك تتجه بعكس عقارب الساعة عندما يتحرك التيار فيه للأعلى ومع عقارب الساعة إذا تحرك للأسفل.



(أ) التيار يتحرك للأعلى (ب) التيار يتحرك للأسفل

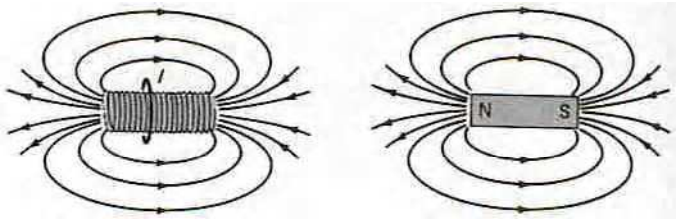
الشكل (5–15): خطوط المجال المغناطيسى حول سلك

ويمكن أن نجد خطوط المجال المغناطيسي لتيار مار في سلك مستقيم بواسطة **قاعدة اليد اليمنى** وذلك بتوجيه إبهام اليد اليمنى باتجاه التيار فيكون اتجاه خطوط المجال المغناطيسي مع حركة بقية أصابع اليد حول التيار، كما هو موضح بالشكل (5–16).

الشكل (5–16): تحديد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي بقاعدة اليد اليمنى

فأصل الخاصية المغناطيسية في الأجسام إذا هي التيارات الكهربائية. ويتم عادة الحصول على مجالات مغناطيسية بعدة طرق من أشهرها **الملفات الاسطوانية** حيث يلف سلك على محيط اسطوانة طويلة فيتولد مجال

مغناطيسي على امتداد محورها وكأنه قضيب مغناطيسي، كما في الشكل (5-17).



الشكل (5-17): المجال المغناطيسي لملف اسطواني

5-11 المجال المغناطيسي لسلك طويل وملف اسطواني

تبين أن المجال المغناطيسي الناتج عن سلك طويل يمر فيه تيار I عند نقطة تبعد عنه مسافة r يعطى بالعلاقة:

$$B = \frac{2\times10^{-7} I}{r} \qquad (4-5)$$

أما المجال المغناطيسي الناتج عن ملف اسطواني طويل طوله L وعدد لفاته الكلي N ويمر فيه تيار I داخله فيعطى بالعلاقة:

$$B = 4\pi\times10^{-7}\frac{NI}{L} = 4\pi\times10^{-7} nI \qquad (5-5)$$

حيث وضعنا $n=N/L$ عدد لفات الملف بواحدة الطول.

مثال (5-1)

يتحرك بروتون داخل ملف اسطواني طويل عدد لفاته 1000/m ويمر فيه تيار 5 A. (أ) ماشدة المجال المغناطيسي الناتج داخل الملف ؟ (ب) ما القوة المغناطيسية التي سيخضع لها البروتون إذا تحرك عموديا على محور الملف بسرعة 3000 m/s ؟

الحل:

(أ) نحسب شدة المجال الناتج من العلاقة (5–5) فنكتب:

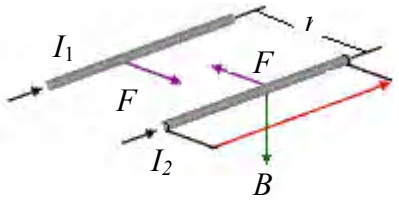
$$B = 4\pi \times 10^{-7} nI = 4\pi \times 10^{-7} (1000/\mathrm{m})(5\,\mathrm{A}) = 6.28\,m\mathrm{T}$$

(ب) لحساب القوة المغناطيسية على البروتون نستخدم العلاقة (5–1):

$$F = qvB = (1.6\times10^{-19}\,\mathrm{C})(3\times10^{3}\,\mathrm{m/s})(6.28\,m\mathrm{T}) = 3\times10^{-17}\,\mathrm{N}$$

5–12 القوة المغناطيسية بين تيارين متوازيين

من أبسط تطبيقات المجال المغناطيسي الناتج عن تيار في سلك كهربائي هو تأثيره على سلك كهربائي مجاور، كما في الشكل (5–18)، حيث نلاحظ أن كلا السلكين المتوازيين يولد مجالا مغناطيسيا عند موقع السلك الآخر، لذلك يخضع كل منهما لقوة مغناطيسية.



الشكل (5–18)

ولتحديد قيمة واتجاه القوة المتبادلة بين السكين نكتب قيمة المجال الناتج عن التيار 1 عند موقع التيار 2 من العلاقة (5–5) بالشكل:

$$B = \frac{2\times10^{-7} I_1}{r}$$

ثم نكتب القوة المغناطيسية التي يخضع لها طول l من السلك 2 نتيجة المجال B من العلاقـــة (5−3) فنجد:

$$F = I_2 l B = \frac{I_2 l (2\times 10^{-7} I_1)}{r}$$

أي أن القوة المؤثرة على واحدة الطول من السلك 2 هي:

$$\frac{F}{l} = \frac{2\times 10^{-7} I_1 I_2}{r} \qquad (6-5)$$

وواضح من العلاقة السابقة أن القوة المؤثرة على واحدة الطول من السلك 1 تعطى بنفس الشكل تماما. لذلك يؤثر السلكان على بعضهما بقوتين متساويتين ومتعاكستين.

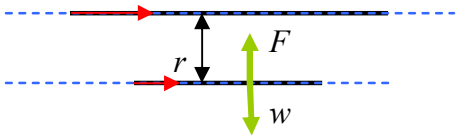
أما تجاه القوة المتبادلة بين السلكين فيعتمد على اتجاه التيارين المارين فيهما، فإن كانا بنفس الاتجاه فتكون القوة تجاذبية، وإن كانا باتجاهين متعاكسين تكون القوة تنافرية (بين ذلك !).

مثال (5−5)

يتزن سلك كهربائي طوله 10 cm وكتلته 5 g ويمر فيه تيار 30 A عندما يوضع أفقيا في الهواء تحت سلك آخر طويل مواز له ويمر فيه تيار 50 A . (أ) بأي اتجاه يجي أن يتحرك التياران حتى يتزن السلك؟ (ب) ما المسافة بين السلكين ؟

الحل:

(أ) يوضح الشكل (5–19) حالة السلك المذكور فحتى يبقى ساكنا يجب ان تكون القوة المغناطيسية بينه وبين السلك العلوي تجاذبية أي يجب أن يتحرك التياران بنفس الاتجاه.



الشكل (5–19)

(ب) لتحديد المسافة بين السلكين نلاحظ أن وزن السلك هو:

$$w = mg = (5\times10^{-3}\,\text{kg})(9.8\,\text{m/s}^2) = 0.049\,\text{N}$$

بينما قوة التجاذب المغناطيسي مع السلك الآخر فنجدها من العلاقة (5–6) ونكتب:

$$\frac{F}{l} = \frac{2\times10^{-7} I_1 I_2}{r} = \frac{2\times10^{-7}(30\,\text{A})(50\,\text{A})}{r} = \frac{3\times10^{-4}}{r}\,\text{N/m}$$

$$\Rightarrow F = (\frac{3\times10^{-4}}{r}\,\text{N/m})(0.1\text{m}) = \frac{3\times10^{-5}}{r}\,\text{N}$$

وبمساواة هذه القوة مع الوزن نجد:

$$\frac{3\times10^{-5}}{r} = 0.049 \Rightarrow r = 0.61\text{mm}$$

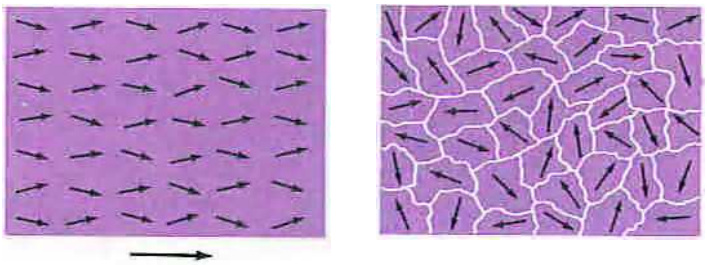
13–5 المواد المغناطيسية

ذكرنا أعلاه أن مغناطيسية المواد تنتج عن تيارات كهربائية، ومن ثم فإن مغناطيسية بعض المعادن تنتج عن **حركة** كل ألكترون حول النواة في مسار

دائري (كتيار في سلك دائري)، بالإضافة لذلك هناك **فتل** (spin) للإلكترون فيها بحيث يبدو كمغناطيس صغير له قطب شمالي وآخر جنوبي (بحسب فتله للأعلى أو للأسفل مثل المجال الناتج عن تيار يمر في سلك مستقيم). لهذا فالمغناطيسية في المواد هي نتيجة هاتين الحركتين للإلكترون. لكن في المواد العادية يكون اتجاه حركة وفتل الإلكترونات المختلفة عشوائي بحيث تكون محصلة المجالات المغناطيسية الكلية للمادة معدومة، ولذا تكون المواد العادية غير مغناطيسية.

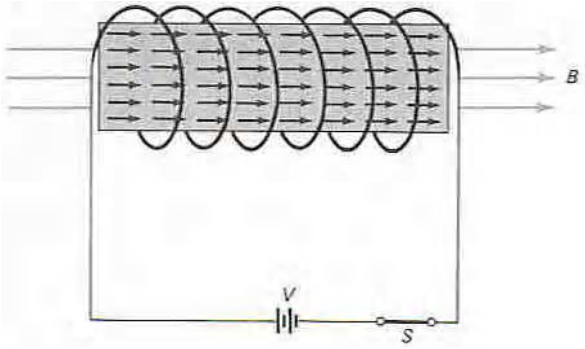
5-14 المواد حديدية المغنطة

هناك مواد تسمى موادا حديدية المغنطة (نسبة للحديد) لها خواص معينة تجعل لها مغناطيسية دائمة مثل الحديد والنيكل والكوبولت. وتتميز هذه المواد بأن هناك محصلة لبعض المجالات المغناطيسية لإلكتروناتها. ففي الحديد مثلا هناك أربع إلكترونات في كل ذرة لاتلغي مجالاتها بعضها بعضا. لذا تبدو كل ذرة من هذه الذرات وكأنها مغناطيس صغير، ونقول إن لها عزما مغناطيسيا. وتتحد الذرات القريبة من بعضها لتشكل مايسمى **النطاق المغناطيسي**. ولكن قطعة من الحديد العادي لاتكون ممغنطة لأن هذه النطاقات تكون موزعة باتجاهات عشوائية مما يلغي تأثير كل نطاق لوحده، كما في الشكل (5-20 أ). لكن لو وضعت هذه القطعة في مجال مغناطيسي قوي (أي قرب منها مغناطيس قوي أو لف حولها سلك بشكل اسطواني ومرر فيه تيار، كما في الشكل (5-21)) عندئذ تخضع النطاقات كلها لمجال مغناطيسي قوي جدا وتتجه كلها بشكل منتظم ليصير المجال الكلي محصلة مجالاتها كلها. وتصير القطعة الحديدية مغناطيسا، كما في الشكل (5- 20 ب).



(أ) قطعة حديد عادية (ب) قطعة حديد ممغنطة

الشكل (5-20)



الشكل (5-21): ترتيب النطاقات المغناطيسية في قطعة حديدية

الآن: لو أبعدنا المجال الخارجي وانتهى تأثيره على قطعة الحديد فإنها تفقد مغناطيسيتها رويدا رويدا بسبب حركة الذرات العشوائية الناتجة عن الحرارة لتعود النطاقات وتتجه بشكل عشوائي أيضا.

5-15 كيف نصنع مغناطيسا دائما

لصناعة مغناطيس دائم ندخل قطعة حديدية أو أي مادة حديدية المغنطة داخل ملف اسطواني وتوضع المنظومة في فرن تسخين. عندما ترتفع درجة حرارة قطعة الحديد يمرر تيار قوي في الملف الاسطواني حولها لينتج عنه مجال مغناطيسي شديد فتتمغنط قطعة الحديد، كما ذكرنا أعلاه. ويستمر تطبيق هذا المجال على القطعة خلال تبريدها لدرجة حرارة الغرفة بحيث

يتم **تقييد** النطاقات في وضعها الذي اتخذته خلال وجود المجال القوي ولاتعود لحالتها العشوائية بعد زوال المجال الخارجي.
من أشهر المغانط الدائمة المصنوعة بهذا الشكل والمتوفرة تجاريا تلك المشكلة من خليط من الألمنيوم والنيكل والكوبولت. كما تنتج المغانط الطبيعية من لب الأرض الحديدي الذي يخضع لحرارة هائلة في باطن الأرض ويصير سائلا ليخرج إلى سطحها من خلال ثوران البراكين. وعند وصول قطع الصهارة الحديدية للسطح تخضع لمجال المغناطيسية الأرضي بشكل مستمر بما في ذلك خلال تبردها فتترتب نطاقاتها ويصير كل واحد منها مغناطيسا دائما.

5-15 أ كيف نزيل مغناطيسية مغناطيس دائم

يمكن إزالة منغناطيسية مغناطيس دائم بتسخينه أو بضربه بشدة على سطح صلب فتعود النطاقات المغناطيسية لعشوائيتها ويفقد الجسم مغناطيسيته.

5-15 ب لماذا لايمكن فصل القطب الشمالي عن القطب الجنوبي للمغناطيس

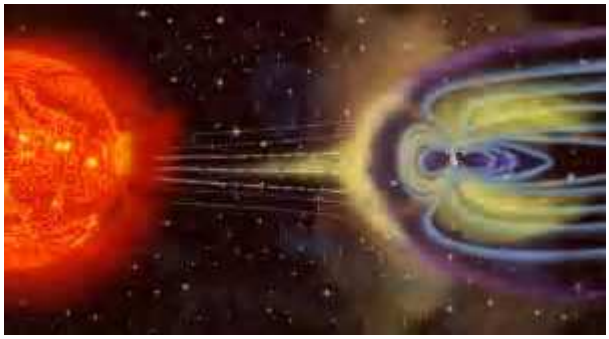
ذكرنا في بداية هذه الوحدة أن الإنسان حاول منذ القدم، ولم يستطع، الحصول على قطب مغناطيسي منفرد، ولو كسرنا مغناطيس إلى قطعتين لحصلنا على مغناطيسين جديدين. سبب ذلك أن أبعاد النطاقات المغناطيسية من أبعاد الذرات وبالتالي مهما قسمنا مغناطيسا يبقى هناك نطاقات منتظمة ينتج عنها مجال مغناطيسي له اتجاه من الشمال للجنوب.

5-16 المجال المغناطيسي الأرضي والرياح الشمسية

ذكرنا في بداية هذه الوحدة أن للأرض مجالا مغناطيسيا يمكن تحسسه بواسطة بوصلة صغيرة. كما أن مصدر المغناطيسية في أي مادة هي وجود تيارات كهربائية. لذا اقترح الجيولوجيون أنه يوجد في باطن الأرض منطقة

حاوية على سائل حديدي متحرك يولد هذا المجال المغناطيسي. ويمتد تأثير المجال المغناطيسي للأرض لعشرات الآلاف من الكيلومترات فوق سطحها ليحيطها بحزام كروي تقريبا يسمى الكرة المغناطيسية (**الماغنيتوسفير** magnetosphere).

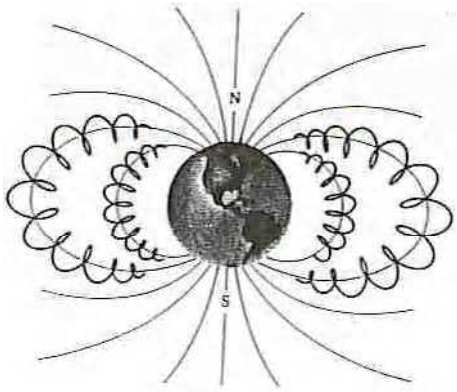
ومن تقدير الله عزوجل أن تحمي الماغنيتوسفير الأرض من مخاطر الرياح الشمسية التي تنطلق منها نتيجة التفاعلات النووية على سطحها والتي تحمل معها الأجسام المشحونة المتحركة بسرع كبيرة جدا مثل البروتونات والإلكترونات وجسيمات ألفا. وبما أن طاقة هذه الجسيمات كبيرة جدا لذا فإن وصولها للأرض قد يؤدي لهلاك الحرث والنسل. لكن الغلاف المغناطيسي حول الأرض يحول دون ذلك، بفضل الله، إذ يتم حرف معظم الأجسام القادمة في منطقة تسمى **الكم المغناطيسي** فيتغير مسارها بعيدا عن الأرض، تماما مثلما ينحرف الماء عند مقدمة سفينة تمخر عباب البحر. وفي حال تمكن بعض الأجسام السريعة جدا من اختراق هذا الكم يتم حجز معظمها في منطقة ثانية تتساوى فيها قوة الرياح الشمسية مع قوة المجال المغناطيسي الأرضي تسمى **منطقة الترقب**، تماما مثلما ينتظر المتحدث على الهاتف عندما يطلب منه الانتظار. ويوضح الشكل (5-22) المجال المغناطيسي للأرض.



الشكل (5-22): المجال المغناطيسي للأرض

5-17 حزام فان آلن الإشعاعي

إن المجال المغناطيسي الأرضي قوي لدرجة تمكنه من التقاط الأجسام المشحونة التي تستطيع الإفلات من منطقة الترقب المغناطيسية. فتبقى هذه الجسيمات محبوسة في حلقتين هائلتين مفلطحتين تسميان حزام فان آلن الإشعاعي اللتين تم اكتشافهما عام 1952 بواسطة أول قمر صناعي يدور حول الأرض.



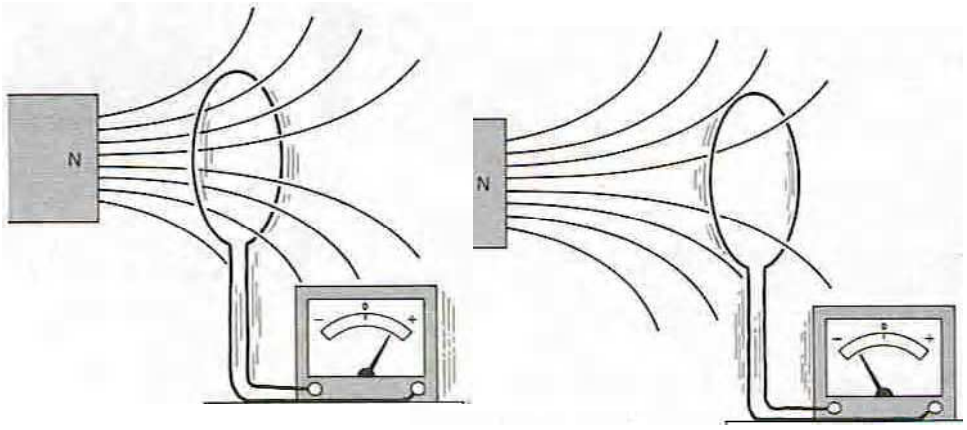
الشكل (5-23): حلقتي فان آلن

وقد سميتا باسم الفيزيائي فان آلن الذي أصر أن يحمل ذلك القمر كاشفا لتحري أي أجسام مشحونة حول الأرض، إن وجدت، وهذا ماتم بالفعل. وتمتد حلقة فان آلن الداخلية لارتفاعات تتراوح بين 2000-5000 كم فوق سطح الأرض وتحوي بروتونات بشكل رئيس. أما الحلقة الخارجية فتمتد لحوالي 16000 كم بسمك يصل إلى 6000 كم ومعظم الأجسام فيها إلكترونات. ويوضح الشكل (5-23) حلقتي فان آلن المذكورتين.

5-17 الحث الكهرمغناطيسي

بما أن الخاصية المغناطيسية تنتج عن تيارات كهربائية لذا من المنطقي ان نتساءل: هل تنتج التيارات الكهربائية من المغناطيسية؟ لقد حظي هذا السؤال

باهتمام العديد من الفيزيائيين في القرن التاسع عشر واستطاع مايكل فاراداي يصل لإجابة شافية بعد أن أجرى العديد من التجارب في هذا المجال. ويوضح الشكل (5-24) نموذجا لإحدى هذه التجارب حيث قام فاراداي بتحريك مغناطيس أمام ملف اسطواني موصول بجلفانومتر فلاحظ أن تيارا يظهر في الملف خلال تحريك المغناطيس ويختفي عندما يتوقف عن الحركة.



(أ) المغناطيس يبتعد عن الملف (ب) المغناطيس يقترب من الملف

الشكل (5-24): ظهور التيار المحرض خلال حركة المغناطيس

وقد لاحظ فاراداي أيضا أن اتجاه التيار الناتج (أو المحرض) يختلف عندما تتغير جهة حركة المغناطيس. وقد كرر فاراداي هذه التجربة بتثبيت المغناطيس وتحريك الملف وكذلك بتدوير إما المغناطيس أو الملف. فلاحظ في كل الحالات أنه يحصل على تيار خلال الحركة دائما بينما يتختفي التيار عندما تنتهي الحركة.

وقد فسر فاراداي هذه الظاهرة من خلال مفهوم **تدفق المجال المغناطيسي** عبر لفات الملف والذي يمثل عدد خطوط المجال التي تخترق عموديا سطح كل لفة منه. فعرف تدفق المجال المغناطيسي للمغناطيس من خلال كل لفة بالعلاقة:

$$\phi = BA\cos\theta \qquad (4-5)$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، و A مساحة سطح الملف، و ϕ الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي والعمود على سطح الملف. وإذا كان هناك عدد من اللفات N في الملف فإن التدفق الكلي يصير مساويا إلى:

$$\phi_T = NBA\cos\theta \qquad (5-9)$$

حيث تعطى وحدة التدفق بـــ ويبر Weber والتي تعادل $T.m^2$.
فقد لاحظ فاراداي أنه إذا **تغير** تدفق المجال المغناطيسي من خلال الملف فإن التيار المحرض يظهر، أما إذا بقي التدفق ثابتا فإن التيار يختفي.
ونلاحظ من العلاقة السابقة أنه يمكن تغيير التدفق بإحدى ثلاث طرق: فإما أن نغير شدة المجال المغناطيسي، كأن نولده من تيار متغير مع الزمن، أو أن نغير مساحة مقطع الملف وهذا غير عملي في أغلب الأحيان، أو أن نغير الزاوية بين اتجاه المجال وسطح الملف بتدوير أحدهما بالنسبة للآخر. وتعتبر الطريقة الأخيرة أسهل الطرق وأكثرها تطبيقا من الناحية العملية وتستخدم بشكل رئيس لتوليد التيار الكهربائي في محطات التوليد.

5-20 قانون فاراداي

تخيل فاراداي أن سبب ظهور تيار في الملف وكأن بطارية وهمية قد وضعت بين طرفيه، فربط بين قوة هذه البطارية ومعدل تغير التدفق المغناطيسي عبر الملف بالعلاقة التالية:

$$\varepsilon_{induced} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \qquad (6-5)$$

تسمى هذه العلاقة قانون فاراداي في الحث المغناطيسي. وتسمى قوة البطارية الوهمية الناتجة **القوة الكهربائية المحرضة**.

مثال (5–6)

يقرب مغناطيس مباشرة نحو ملف اسطواني مساحة مقطعه $2\ \text{cm}^2$ وعدد لفاته 500، كما في الشكل (5–24 ب)، فتزيد شدة المجال من $0.1\ \text{T}$ إلى $0.3\ \text{T}$ خلال $4\ \text{ms}$. ماقيمة القوة الكهربائية المحرضة التي تظهر بين طرفي الملف؟

الحل:

نحسب التدفق الابتدائي من خلال الملف:

$$\phi_1 = NBA\cos\theta = (500)(0.1\text{T})(2\times10^{-4}\text{m}^2)\cos 90° = 0.01\,\text{Weber}$$

ثم نحسب التدفق النهائي:

$$\phi_1 = NBA\cos\theta = (500)(0.3\text{T})(2\times10^{-4}\text{m}^2)\cos 90° = 0.03\,\text{Weber}$$

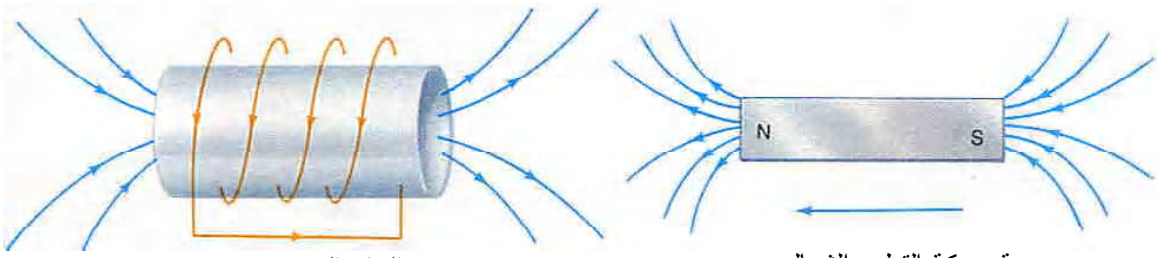
من ثم نكتب من العلاقة (5–6):

$$\varepsilon_{induced} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\phi_2 - \phi_1}{\Delta t} = \frac{(0.03-0.01)\,\text{Weber}}{4\times10^{-3}\,\text{s}} = 5\,\text{V}$$

5–21 اتجاه التيار المحرض وقانون لنز

ذكرنا أعلاه أن جهة انحراف الجلفانوميتر في تجربة فاراداي كانت تتغير بحسب حركة المغناطيس. ويحدد قانون لنز جهة التيار المحرض الناتج بأنها بعكس تغير التدفق. أي أنه إذا كان التدفق المغناطيسي يزيد في الملف يتقريب القطب الشمالي للمغناطيس منه مثلا فإن التيار يسري في الملف

بحيث يصير طرفه المقابل للمغناطيس وكأنه قطب شمالي، كما في الشكل (5–25)، والعكس بالعكس.



الشكل (5–25): اتجاه حركة التيار المحرض في ملف عند تغير التدفق من خلاله

فلو ابتعد المغناطيس عن الملف في الشكل (5–25) لتغيرت جهة التيار المحرض، أو لو قربنا القطب الجنوبي بدلا من الشمالي لتغيرت جهة التيار أيضا (لماذا؟).

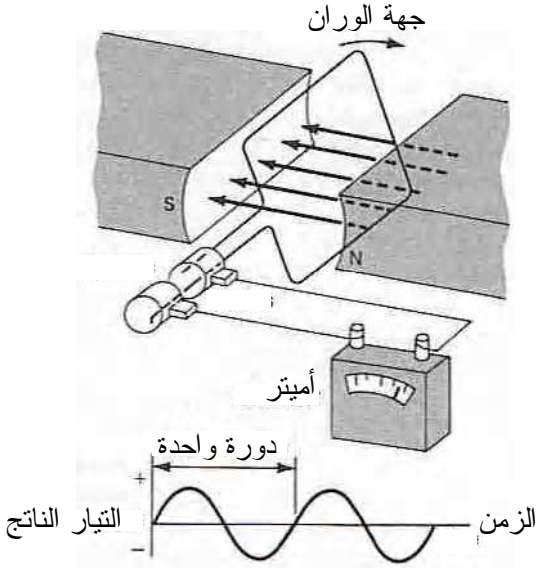
ولهذا فإن قانون فاراداي يكتب بحيث يأخذ جهة التيار المحرض (أي قانون لنز) بالاعتبار ولذا نكتبه بالشكل:

$$\varepsilon_{induced} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \qquad (7-5)$$

5–22 المولد الكهربائي

يستفاد من ظاهرة التيار المحرض والقوة المحركة التحريضية الناتجة لتوليد الكهرباء حيث يتم تحويل الطاقة الميكانيكي (كسقوط ماء من شلال) إلى طاقة كهربائية. ففي أبسط أشكاله يتألف المولد من ملف موضوع أمام مغناطيس ثابت ثم يدور الملف بانتظام فيتغير التدفق المغناطيسي من خلاله باستمرار فيسفر ذلك عن ظهور قوة محركة محرضة (أي بطارية)، كما في

الشكل (5–26)، حيث نلاحظ أنه عند دوران الملف دورة كاملة بين فكي المغناطيس يتزايد التدفق ثم يتناقص خلال أول نصف دورة ثم يغير اتجاهه خلال النصف الثاني لها. لذا تكون جهة التيار الناتج متغيرة أيضا من جهة لأخرى بحيث تتغير قيمته من الصفر لقيمة عظمى ثم يتناقص للصفر ثم يصير سالبا (أي يغير اتجاهه) ليعود للصفر وهكذا دواليك. يطلق على التيار الناتج اسم تيار متردد.



الشكل (5–26): مولد تيار متردد

5–23 المحول الكهربائي

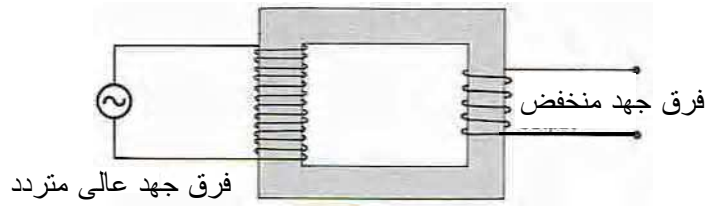
يتركب المحول من ملفين متصلين ببعضهما بواسطة لب حديدي ينقل تغيرات التدفق المغناطيسي من واحد للآخر. ويتصل أحد الملفين بمصدر فرق جهد فيطلق عليه اسم **الملف الأساس** (primary) بينما يوصل الثاني بالجهاز المراد تشغيله بفرق جهد ما لايساوي ماهو متفر من المصدر الأساس. يطلق على هذا الملف اسم **الملف الثانوي**.

وبحسب العلاقتين (5–5) و (5–6) فإن تغير التدفق يتناسب مع عدد لفات الملف بحيث أن حاصل ضرب عدد اللفات بالقوة المحركة بين طرفي الملف هو نفسه لكلا الملفين، أي أن:

$$\frac{\varepsilon_p}{N_p} = \frac{\varepsilon_s}{N_s} \qquad (8-5)$$

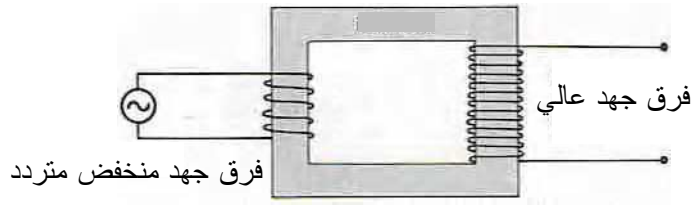
حيث ε_p و ε_s القوة المحركة بين طرفي الملفين الأساس والثانوي، على الترتيب، بينما N_p و N_s عدد لفات الملفين الأساس والثانوي، على الترتيب أيضا.

ففي المحول الخافض للجهد يكون عدد لفات الملف الأساس أكبر من الثانوي، كما هو موضح في الشكل (5–27). ويربط الملف الأساس بفرق جهد عالي متردد بينما يوصل الملف الثانوي بجهاز يحتاج لفرق جهد منخفض.



الشكل (5–27): محول خافض للجهد

أما في المحول الرافع للجهد فتكون عدد لفات الأساس أقل من الثانوي ويبط الأول بفرق جهد منخفض بينما يوصل الثانوي بجهاز يحتاج لفرق جهد عالي، كما في الشكل (5–28).



الشكل (5–28): محول رافع للجهد

ويمكن أيضا أن نجد التيار المار في الملف الثانوي بملاحظة أنه إذا لم يكن هناك ضياع في القدرة (في أسلاك المحول) فإن القدرة الناتجة عن الأساس تساوي تلك الواصلة للثانوي، أي أن:

$$I_p \varepsilon_p = I_s \varepsilon_s \qquad (10-5)$$

ونستنتج من العلاقة السابقة أن تغير التيار في ملف يعاكس تغير الجهد فيه. ففي المحول الرافع للجهد ينخفض التيار في الثانوي بالنسبة للأساس، بنفس المعدل الذي يرتفع فيه الجهد. فإذا استخدمنا محولا يحول من 110 V إلى 220 V فإن التيار في الثانوي يكون نصف قيمة التيار في الأساس. فالمحول الرافع للجهد يخفض التيار والعكس صحيح. ويوضح الشكل (5–29) محولا عمليا في المختبر.

الشكل (9–29): محول

مثال (5–7)

ماعدد لفات الثانوي اللازم لرفع الجهد في محول من 110 V إلى 220 V إذا كان الأساس يحوي 1000 لفة ؟ وما التيار في الثانوي عندما يكون التيار في الأساس 2 A ؟

الحل:

نستخدم العلاقة (5–8) ونكتب:

$$\frac{\varepsilon_p}{N_p}=\frac{\varepsilon_s}{N_s}\Rightarrow\frac{110\,\mathrm{V}}{1000}=\frac{220\,\mathrm{V}}{N_s}\Rightarrow N_s=2000$$

كما نكتب من العلاقة (5–9):

$$I_p\varepsilon_p=I_s\varepsilon_s\Rightarrow I_s=\frac{I_p\varepsilon_p}{\varepsilon_s}=\frac{(2\,\mathrm{A})(110\,\mathrm{V})}{220\,\mathrm{V}}=1\mathrm{A}$$

ملخص الفصل

المغناطيسية: قدرة بعض المعادن على جذب برادة حديد أو معادن إخرى لها.

الأقطاب المغناطيسية: مناطق من المغنطيس تكون شدة المجال المغناطيسي عندها أكبر من بقية المغناطيس. يطلق على هذه الأقطاب اسم القطب الشمالي والقطب الجنوبي.

قانون الأقطاب: الأقطاب المتماثلة تتنافر والأقطاب المختلفة تتجاذب.

المجال المغناطيسي: تأثير المغناطيس على المنطقة المحيطة به على الشحنات المتحركة والتيارات الكهربائية هناك. وحدة المجال المغناطيسي هي التسلا T . يتجه المجال المغناطيسي خارج مغناطيس من القطب الشمالي للقطب الجنوبي. بينما يتجه داخله من القطب الجنوبي للقطب الشمالي.

المجال المغناطيسي الأرضي: تعتبر الأرض كأنها تحوي مغناطيسا كبيرا على امتداد قطرها، يواجه قطبه الشمالي القطب الجنوبي الجغرافي بينما يواجه قطبه الجنوبي القطب الشمالي الجغرافي.

القوة المغناطيسية على الشحنات المتحركة: تخضع أي شحنة q تسير بسرعة v عمودية على مجال مغناطيسي B لقوة مركزية قيمتها qvB.

القوة المغناطيسية على سلك كهربائي: يخضع سلك طوله l يمر فيه تيار I عموديا على مجال مغناطيسي B لقوة مغناطيسية قيمتها IlB .

اتجاه القوة المغناطيسية: تتجه القوة المغناطيسية على شحنة، متحركة أو سلك يمر فيه تيار، عموديا على كل من اتجاه الحركة والمجال المغناطيسي.

الجلفانومتر: جهاز يستخدم لتحري التيارات الصغير. يمكن تحويل الجلفانومتر لمقياس تيار (أميتر) ومقياس فرق جهد (فولتمتر).

10- **توليد المجال المغناطيسي:** يتولد المجال المغناطيسي من حركة الشحنات الكهربائية (التيار الكهربائي).

المجال المغناطيسي لسلك طويل $B = \frac{2\times10^{-7} I}{r}$

المجال المغناطيسي لملف اسطواني: $B = 4\pi\times10^{-7} nI$

القوة المغناطيسية على واحدة الطول بين سلكين متوازيين:

$$\frac{F}{l} = \frac{2\times10^{-7} I_1 I_2}{r}$$

النطاقات المغناطيسية: مجموعة ذرات تتحد إلكتروناتها بشكل معين ليصير لمجالاتها المغناطيسية محصلة غير معدومة.

المواد حديدية المغنطة: مواد تكون محصلة نطاقاتها المغناطيسية كبيرة فتجعل المادة مغناطيسا.

التدفق المغناطيسي: مقدار شدة المجال المغناطيسي المار من خلال مساحة ما ويعطى بالعلاقة: $\phi_T = NBA\cos\theta$

قانون فاراداي: قيمة القوة المحرضة في ملف عند تغير التدفق من خلاله

$$\varepsilon_{induced} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

قانون لنز: تكون جهة التيار المحرض بحيث يعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه.

المولد الكهربائي: يحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.

المحول الكهربائي: يتناسب فرق الجهد بين طرفي الأساس مع عدد لفاته وكذلك بالنسبة للثانوي بحيث يكون: $\frac{\varepsilon_p}{N_p} = \frac{\varepsilon_s}{N_s}$ ، كما تكون القدرة نفسها أي أن: $I_p\varepsilon_p = I_s\varepsilon_s$

أسئلة

1- هل النقود المعدنية مغناطيسية ؟ ما المعادن التي يجب أن تحتوي عليها لتكون كذلك ؟

2- لماذا تنجذب المسامير الحديدية إلى قطبي مغناطيس سواء الشمالي أو الجنوبي ولاتنجذب لواحد منهما فقط ؟

3- يمر تيار في سلك أفقي مستقيم يمر فيه تيار باتجاه الشمال. في أي اتجاه ستشير إبرة بوصلة موضوعة فوق السلك أوتحته أو على أحد جانبيه ؟

4- يعتقد طالب (لم يدرس الفيزياء بعد) أن المغناطيسية مثل الكهرباء بحيث يمكن "مغنطة" قطعة معدنية بالتأثير وعزل القطب الشمالي عن القطب الجنوبي ثم التخلص من أحدهما. كيف يمكنك نقض هذه الفرضية ؟

5- يؤثر المغناطيس بقوة على جسم مشحون متحرك بقربه. هل يؤدي هذا لزيادة الطاقة الحركية للجسم ؟ اشرح إجابتك.

6- يمر تيار في سلك موضوع على طاولة المختبر. أذكر طريقتين تستطيع بواسطتهما معرفة اتجاه التيار.

7- اذكر ثلاث طرق لزيادة قوة مولد تيار كهربائي.

8- يعطي مولد تيارا قيمته 10 A في حين يحتاج جهاز لتيار 2 A فقط. كيف يمكنك تحقيق ذلك؟

9- تتحرك حزمة من الإلكترونات بسرعة 3.0×10^{6} m/s عموديا على مجال مغناطيسي شدته 4.0×10^{-2} T . ماقيمة القوة المغناطيسية التي تؤثر على كل إلكترون؟ قارن هذه القوة بتلك المؤثرة على بروتون بدلا من الإلكترون.

10- يمر تيار 15 A في سلك مستقيم عمودي على مجال مغناطيسي شدته 0.85 T. ماقيمة القوة المغناطيسية المؤثرة على 2 m من السلك؟

11- يتجه مجال مغناطيسي شدته 16 T نحو الشمال بينما يتحرك إلكترون نحو الشرق بسرعة 8×10^{6} m/s . ماقيمة واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على الإلكترون؟

12- ما القوة المغناطيسية المؤثرة على واحدة الطول بين سلكين متوازيين يمر فيهما تيار واحد قيمته 10 A إذا كانت المسافة بينهما 10 cm وما اتجاه هذه القوة ؟

13- يحتاج حاسوب محمول (portable) لفرق جهد 12 V من مصدر 240 V .

(أ) ماعدد لفات الثانوي في محول عدد لفات الأساس فيه 480 ؟

(ب) ما التيار المار في الأساس إذا مر تيار 125 mA في الحاسوب؟

14- يعمل مجفف شعر بتيار 10 A وفرق جهد 120 V . كم يجب أن تكون نسبة لفات الأساس للثانوي في محول حتى يستخدم المجفف بفرق جهد 240 V ؟ ما التيار المار في المجفف عندئذ؟

15- عدد لفات الملف الأساس في محول رافع للجهد 80 وللثانوي 1200 .

(أ) ماجهد الثانوي إذا جهد الأساس 120 V ؟

(ب) ما التيار في الثانوي إذا كان التيار في الأساس 2.0 A ؟

(جـــ) مالقدرة الداخلة والناتجة عن هذا المحول؟

16- توضع عروة (loop) مستطيلة طولها 10 cm وعرضها 5 cm بحيث يكون سطحها عموديا على مجال مغناطيسي شدته 0.4 T .

(أ) ما التدفق من خلال العروة ؟

(ب) تتقلص العروة لنصف مساحتها خلال 10 ms . ما القوة المحركة المحرضة الناتجة؟

17- عدد اللفات الأساس في محول رافع للجهد 200 لفة والثانوي 3000 لفة. مافرق الجهد بين طرفي الثانوي إذا كان فرق جهد الأساس 90 V ؟ ما التيار في الثانوي إذا كانت قدرة المحول 270 kW ؟

AHMAD AL-HADIDY
JORDAN –ZARQA
TEL – 0777409465
HADIDY_66@YAHOO.COM