المجال المغناطيسي

أعداد:-

م / سراج حمادي المبروك

طرابلس / ليبيا

SERAG_XXX@YAHOO.COM

إنجازات تاريخية في الكهرباء و اكتشاف المجال المغناطيسي

الاكتشافات المبكرة. لاحظ الإغريق القدماء قبل بضعة آلاف سنة أن مادة تسمى الكهرمان تجذب إليها المواد الخفيفة مثل الريش والقش، بعد دلكها بقماش. والكهرمان مادة أحفورية ناتجة عن تصلب أشجار الصنوبر التي عاشت قبل ملايين السنين. وهو عازل جيد للكهرباء، ولذلك فهو يمسك الشحنة الكهربائية بسهولة. وبالرغم من أن الإغريق لم يعرفوا الشحنة الكهربائية فقد كانوا في الواقع يجرون تجارب على الكهرباء الساكنة عندما كانوا يدلكون الكهرمان بالقماش.

وعرف بعض القدماء، ومنهم الإغريق والصينيون القدماء، أيضًا مادة صلبة أخرى يمكنها جذب الأشياء، وهي المادة المسماة اللودستون أو الماجنتيت. وهو معروف اليوم بأنه مغنطيس طبيعي ميال إلى جذب الأجسام الحديدية الثقيلة، بينما يجذب الكهرمان الأشياء الخفيفة مثل القش. وفي عام 1551م أثبت عالم الرياضيات الإيطالي جيرولامو كاردانو، والمعروف أيضًا باسم جيروم كاروان، أن التأثيرات الجذبية لكل من الكهرمان والماجنتيت لابد أن تكون مختلفة. وكان كاردانو أول من لاحظ الفرق بين الكهرباء والمغنطيسية.

وفي عام 1600م، أوضح الفيزيائي البريطاني وليم جيلبرت أن بعض المواد، مثل الزجاج والكبريت والشمع، ذات خواص شبيهة بخواص الكهرمان. فعند دلكها بقماش تكتسب هذه المواد خاصية جذب الأشياء الخفيفة. وقد سمى جيلبرت هذه المواد الكهربيات، ودرس خواصها، وخلص إلى أن تأثيراتها ربما تُعزى إلى نوع من السوائل. ونحن نعرف اليوم أن ما سماها جيلبرت الكهربيات هي عوازل جيدة للكهرباء.

تجارب الشحنة الكهربائية. في ثلاثينيات القرن الثامن عشر وجد العالم الفرنسي تشارلز دوفاي أن القطع الزجاجية المشحونة تجذب المواد الشبيهة بالكهرمان، ولكنها تتنافر مع المواد الشبيهة بالزجاج، واستنتج من ذلك أن هناك نوعين من الكهرباء سماهما الكهرباء الزجاجية (للمواد الشبيهة بالزجاج)، والكهرباء الراتينجية (للمواد الشبيهة بالكهرمان). وبذلك استطاع دوفاي التوصل إلى نوعي الشحنات الكهربائية السالبة والموجبة، بالرغم من أنه اعتقد أنهما نوعان من "السوائل الكهربائية".

بدأ العالم ورجل الدولة الأمريكي بنجامين فرانكلين تجاربه على الكهرباء في عام 1746م. وقد بنى هذه التجارب على اعتقاد مفاده أن هناك نوعًا واحدًا من السوائل الكهربائية. فالأجسام التي تحمل كمية كبيرة من السائل تتنافر، بينما تتجاذب الأجسام التي تحمل كمية قليلة من السائل. وإذا لامس جسم به فائض من السائل جسمًا آخر قليل السائل يتقاسم الجسمان السائل. وقد أوضحت فكرة فرانكلين كيف تلغي الشحنات المتضادة بعضها بعضًا عندما تتلامس.

استخدم فرانكلين مصطلح موجب للإشارة لما اعتقد أنه فائض من سائل، كما استخدم مصطلح سالب لنقصان السائل. ولم يعرف فرانكلين أن الكهرباء ليست سائلاً، بل يرتبط بشحنات الإلكترونات والبروتونات. ونحن نعرف اليوم أن الأجسام المشحونة بشحنة موجبة تحمل عددًا قليلاً من الإلكترونات، بينما تحمل الأجسام المشحونة بشحنة سالبة فائضًا من الإلكترونات.

وفي عام 1572م، أجرى فرانكلين تجربته الشهيرة التي أطلق فيها طائرة ورقية أثناء عاصفة برقية، حيث اكتسب كل من الطائرة والخيط شحنة كهربائية، فاعتقد فرانكلين أن السحب نفسها مشحونة أيضًا بالكهرباء، كما رسخ في اعتقاده أن البرق شرارة كهربائية هائلة. ومن حسن حظ فرانكلين أن البرق لم يمس الطائرة، إذ ربما أدى ذلك إلى قتله.

وفي عام 1767م، صاغ العالم الإنجليزي جوزيف بريستلي القانون الرياضي الذي يوضح كيف تضعف قوة الجذب بين الجسمين المشحونين بشحنات متضادة كلما زادت المسافة بين الجسمين. وفي عام 1785م، أكد العالم الفرنسي شارل أوغسطين دو كولمبو قانون بريستلي، بنفس الشحنة. ويطلق على هذا المبدأ اليوم اسم قانون كولمبو.

وتلا ذلك العديد من التجارب على عمود فولتا وعلى الدوائر الكهربائية. واستنبط الفيزيائي الألماني جورج أوم قانونًا رياضيًا يحدد العلاقة بين التيار والفولتية والمقاومة لمواد معينة. وحسب قانون أوم، الذي نشر في عام 1827، تدفع الفولتية الكبيرة تيارًا كبيرًا عبر مقاومة معينة. وبالإضافة إلى ذلك تدفع فولتية معلومة تيارًا كبيرًا عبر المقاومة الصغيرة.

الكهرباء والمغنطيسية. في عام 1820م، وجد الفيزيائي الدنماركي هانز أورستد أن التيار الكهربائي الذي يسري قرب إبرة بوصلة يجعل الإبرة تتحرك. وقد كان أورستد أول من أوضح وجود علاقة محددة بين الكهرباء والمغنطيسية. وخلال عشرينيات القرن التاسع عشر اكتشف أندريه ماري أمبير العلاقة الرياضية بين التيارات والمجالات المغنطيسية. وتعد هذه العلاقة، التي عرفت بقانون أمبير، أحد القوانين الأساسية في الكهرومغنطيسية.

وفي أوائل ثلاثينيات القرن التاسع عشر اكتشف العالم الإنجليزي مايكل فارادي والفيزيائي الأمريكي جوزيف هنري، كل على انفراد، أن تحريك مغنطيس قرب ملف سلكي، يولد تيارًا كهربائيًا في السلك. وأوضحت تجارب تالية أن تأثيرات كهربائية تحدث في أي وقت يحدث فيه تغيير في مجال مغنطيسي. وتبنى التسجيلات السمعية والبصرية والأقراص الحاسوبية والمولدات الكهربائية على هذا المبدأ.

وقد جمع الفيزيائي الأسكتلندي جيمس كلارك ماكسويل كل القوانين المعروفة، ذات العلاقة بالكهرباء والمغنطيسية، في مجموعة واحدة من أربع معادلات. وتصف قوانين ماكسويل، التي نشرت في عام 1865م، بوضوح، كيف تنشأ المجالات الكهربائية والمغنطيسية وتتداخل. وقدم ماكسويل طرحًا جديدًا يقضي بأن المجال الكهربائي المتغير ينتج مجالاً مغنطيسيًا، وقاده ذلك إلى افتراض وجود الموجات الكهرومغنطيسية، المعروفة الآن بأنها تشمل الضوء والموجات الراديوية والأشعة السينية. وفي أواخر ثمانينيات القرن التاسع عشر أوضح الفيزيائي الألماني هينريتش هرتز كيفية توليد الموجات الراديوية، والكشف عنها، ودعم بذلك افتراض ماكسويل. وفي عام 1901م، استطاع المخترع الإيطالي جوليلمو ماركوني نقل الموجات الكهرومغنطيسية عبر المحيط الأطلسي، ممهدًا بذلك لمرحلة الإذاعة والتلفاز وأقمار الاتصالات والهواتف الخلوية.

تعريف الحقل كهربائي :

مايكل فراداي

قدم هذا المفهوم مايكل فاراداي. تؤثر قوة المجال الكهربي بين شحنتين بنفس الطريقة التي تؤثر بها قوة الجاذبية بين كتلتين. و لكن المجال الكهربي مختلف قليلاً. قوة الجاذبية تعتمد على كتلة الجسمين بينما القوة الكهربية تعتمد على شحنة الجسمين. وبينما يمكن للجاذبية جذب كتلتين تجاه بعضهما فقط, يمكن للقوة الكهربية أن تكون قوة تجاذب أو تنافر. إذا كانت الشحنتان بنفس الاشارة (مثال: كلتاهما موجبة) ستكون هناك قوة تنافر بينهما. أما إذا كانت الشحنتان مختلفتين فسيكون هناك قوة تجاذب بين الجسمين. يتناسب مقدار القوة عكسياً مع مربع المسافة بين الجسمين, كما يتناسب طردياً مع حاصل ضرب مقدار الشحنتين دون اشارة.

مجال كهربائي

المجال الكهربائي في الفيزياء هو التأثير الناتج عن شحنة كهربائية (أو مجال مغناطيسي متغير) تبذل قوة على الأجسام المشحونة في المجال.

خط المجال الكهربائي: هو المسار الذي تسلُكه شحنة اختبار موجبة حرة الحركة عند وضعها في المجال.

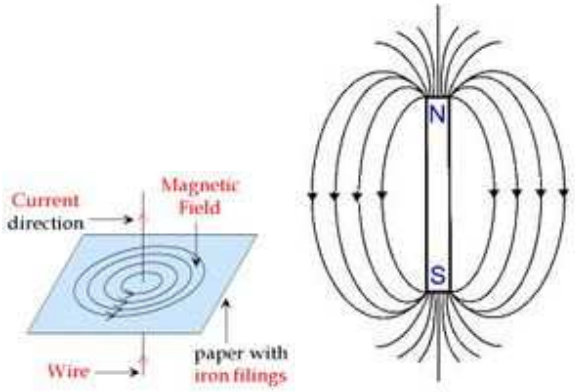
مميزات خطوط المجال الكهربائي:

تخرج من الشحنات الموجبة وتدخل في الشحنات السالبة.

تتناسب كثافة خطوط المجال طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية.

نحدد اتجاه المجال الكهربائي عند أي نقطة بنفس اتجاه المماس عند تلك النقطة.

حقل مغناطيسي



المجال المغناطيسي

المجال المغناطيسي

المجال المغناطيسي حول سلك

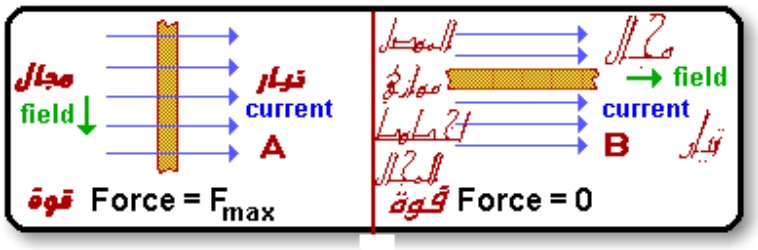
المجال المغناطيسي (Magnetic Field) هي قوة مغناطيسية تنشأ في الحيز المحيط بالجسم المغناطيسي أو الموصل الذي يمر به تيار كهربائي.

إذا وضعت إبرة بوصلة في المجال المغناطيسي ذو قوة ما فأنها توجه نفسها في اتجاه معين في كل جزء من المجال, والخطوط المرسومة في اتجاه الإبرة عند النقط المختلفة تحدد الوضع العام للخطوط التي هي عليها القوة المغناطيسية في المجال.

يمكن مشاهدة توزيع المجال المغناطيسي بنثر برادة حديد على ورقة موضوعة على قضيب مغناطيسي أو ورقة يمر خلالها سلك يمر به تيار كهربائي.

ماذا يحدث إذا وضعنا سلكا مستقيما يمر فيه تيار كهربي بين قطبي مغناطيس ؟

يتحرك السلك بسبب تولد قوة محركة



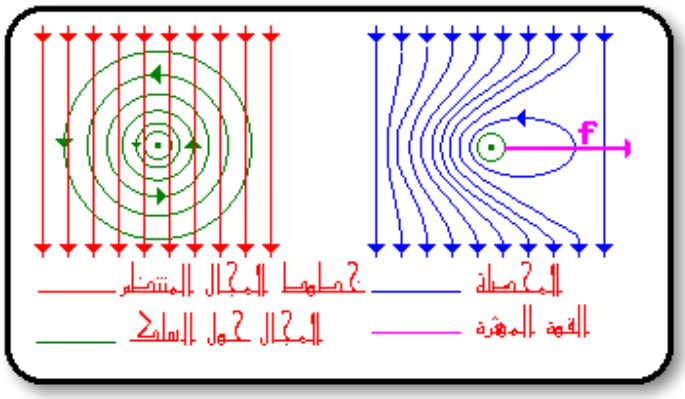
ولكن هل يتحرك السلك إذا وضع بأي وضع بين قطبي المغناطيس ؟

لا .... هناك شروط لتولد القوة المحركة وكما ترى من الشكل أعلاه أن القوة المحركة تكون عظمى إذا كان الموصل عموديا على خطوط الفيض المغناطيسي وتكون منعدمة إذا كان الموصل موازيا لخطوط المجال ؟

ما تفسير حدوث القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي عل السلك الذي يمر به تيار كهربي وموضوع عموديا على اتجاه المجال المغناطيسي ؟

أن المجال المغناطيسي بين قطبي مغناطيس في حالتنا هذه يكون منتظما ونستنتج من ذلك أن خطوط الفيض المغناطيسي تكون متوازية (وتقع في مستوى الورقة إذا كان السلك عموديا عموديا على اتجاه خطوط الفيض **والتيار** يمر في الموصل إلى داخل الصفحة وإذا كان التيار إلى أعلى كما في الشكل التالي يكون اتجاه المجال الناشيء عنه كما في الشكل

وعند مرور التيار الكهربي في الموصل يتولد حوله مجال مغناطيسي تكون خطوط الفيض فيه على شكل دوائر منتظمة متحدة المركز نحدد اتجاها بتطبيق قاعدة اليد اليمنى لأمبير



كما ترى في الشكل أعلاه خطوط مجال التيار للسلك وخطوط فيض المجال المغناطيسي المنتظم المؤثر تكون في اتجاه واحد في أحد جانبي السلك] في الشكل هنا يسار السلك [إذا تزداد كثافة الفيض وتتزاحم خطوط الفيض وتتنافر مع بعضها البعض بينما في الجانب الآخر من السلك تكون خطوط فيض مجال التيار وخطوط فيض المجال المغناطيسي المؤثر في اتجاهين متضادين فتقل كثافة الفيض وتتباعد خطوط المجال

نستنتج من ذلك أن قوة التنافر بين خطوط الفيض بعضها البعض تكون في جانب أكبر منها في الجانب الآخر فتعمل محصلة هاتين القوتين على تحريك السلك من جانب إلى آخر كما هو موضح بالشكل

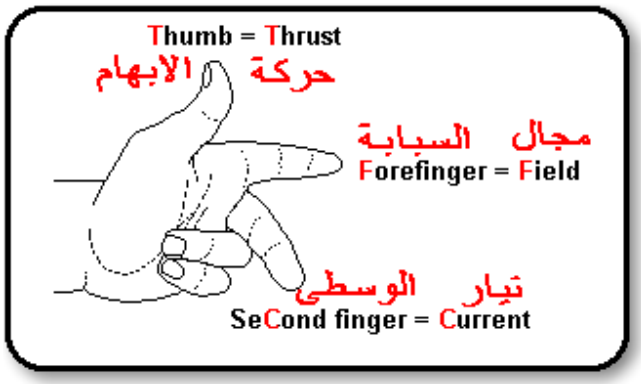
هل هناك قاعدة معينة يمكننا بها معرفة في أي اتجاه سوف يتحرك السلك ؟

نعم بالتأكيد هناك قاعدة وضعها العالم فلمنج تسمى باسمه [قاعدة اليد اليسرى لفلمنج]
Fleming's Left **Hand Rule**

Fleming's Left Hand Rule

وتنص هذه القاعدة على :

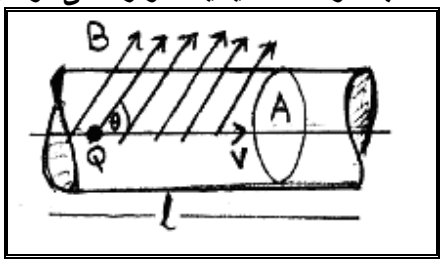
إذا كان إصبعي اليد اليسرى السبابة والإبهام متعامدين على بعضهما وعلى باقي الأصابع بحيث تشير السبابة إلى اتجاه الفيض المغناطيسي وباقي الأصابع بما فيها الوسطى [عدا الإبهام] تشير إلى اتجاه التيار فان الإبهام يشير إلى اتجاه القوة المغناطيسية وبالتالي إلى اتجاه حركة السلك



ما العوامل التي تتوقف عليها هذه القوة ؟
تتوقف القوة المؤثرة على السلك الذي يمر فيه تيار كهربي على

طول السلك تتناسب القوة طرديا مع طول السلك
شدة التيار الكهربي I تتناسب القوة طرديا شدة التيار الكهربي المار في السلك
كثافة الفيض المغناطيسي B تتناسب القوة تناسبا طرديا مع كثافة الفيض المغناطيسي

حساب القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل يسري فيه تيار كهربائي وموضوع في مجال مغناطيسي منتظم



استنتج العلاقة $F = BI\ell \sin\theta$؟

بما أن الموصل يحمل تيارا (شحنات كهربائية متحركة)

إذا القوة المؤثرة على الموصل تساوي القوى المؤثرة على هذه الشحنات جميعا

وبما أن الشحنة الكلية = Q n A ι

وبما أن القوة المؤثرة على شحنة واحدة هي

$$F = QBv\sin\theta$$

إذا القوة المؤثرة على الشحنة الكلية هي $F = QnA\ell vB\sin\theta$

ومن تعريف شدة التيار الكهربائي = الشحنة الكلية / الزمن $I = \frac{nQA\ell}{t} = QnvA$ حيث أن $v = \frac{\ell}{t}$

Q n v A بالتعويض عن ــــــــــــ I في علاقة القوة المؤثرة على الشحنة الكلية نحصل على العلاقة

$$F = BI\ell \sin\theta$$

وتستخدم لحساب القوة المؤثرة على موصل يمر فيه تيار كهربائي وتتذكر هذه العلاقة بكلمة (بيل)

لم نتكلم عن وحدات القياس لهذه العلاقة ؟

هذا سؤال ممتاز حيث أن لوحدات القياس أهمية كبيرة في كل علاقاتنا التي نستنتجها

وأنت الآن تعرف أن الوحدة الدولية للقوة هي النيوتن وللطول المتر ولشدة التيار الأمبير ولكثافة الفيض المغناطيسي التسلا

ولهذا اذا اردت استنباط تعريف وحدة القياس من علاقة رياضية

اكتب العلاقة

$$B = \frac{F}{I\ell}$$

$$T = \frac{\text{نيوتن } N}{\text{امبير } A \bullet \text{متر } m}$$

التسلا : هي كثافة فيض تولد قوة واحد نيوتن على سلك طوله واحد متر يمر فيه تيار شدته واحد أمبير وموضوع عموديا على اتجاه خطوط المجال المغناطيسي

تطبيق رياضي : سلك طوله 80 cm ويمر به تيار شدته 2 A وضع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه 0.040 T احسب القوة المؤثرة عليه إذا كان (أ) موازيا للمجال المغناطيسي (ب) عموديا على المجال (جـ) يصنع مع **المجال زاوية قياسها 30^o**

$$F_1 = BI\ell \sin 0 = 0$$

$$F_2 = BI\ell \sin 90 = 0.040 \times 2 \times 0.80 \times 1 = 0.064N$$

F_3= 0.040x2x0.80x0.5=0.032 N

مسألة رقم 2 سلك مستقيم طوله 40 سنتيمتر موضوع في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 10^{-2} تسلا بحيث يصنع مع المجال زاوية قياسها 30^o

جد شدة التيار الذي إذا مر في السلك فانه يتأثر بقوة قدرها 0.005 نيوتن ؟

$$F = BI\ell \sin\theta$$

$$0.005 = 10^{-2} \times I \times 0.40 \times \frac{1}{2}$$

$$I = \frac{0.005 \times 2}{0.40 \times 10^{-2}} = 2.5A$$

المغناطيسية والتيار المتردد :

تأثير المجال المغناطيسي على موصل يمر به تيار
The Effect of magnetic field on current carrying conductor

لاحظنا أن القوة المغناطيسية تؤثر على الشحنة المتحركة بسرعة v في مجال مغناطيسي .B
وحيث أن التيار الكهربي المار في سلك موصل هو حركة للشحنات في السلك، لذا سنقوم بدراسة تأثير المجال المغناطيسي على سلك يمر به تيار كهربي شدته .i

افترض سلك من مادة موصلة طولها L ومساحة مقطعها A يمر بها تيار كهربي ،i والسلك موجود في منطقة مجال مغناطيسي B كما في الشكل المرفق.
تتحرك الشحنات داخل مادة الموصل بسرعة تسمى سرعة الانجراف Drift velocity Vd
ويكون تأثير المجال المغناطيسي على الشحنة المتحركة هو

$$F = qo\ Vd\ X\ B$$

ولإيجاد القوة المغناطيسية التي تؤثر على السلك يجب أن نوجد عدد الشحنات المارة في السلك وسنفترض أن عدد تلك الشحنات هو nAL حيث أن n هو عدد الشحنات لكل وحدة حجوم وعليه تكون القوة المغناطيسية الكلية تعطى بالمعادلة التالية:

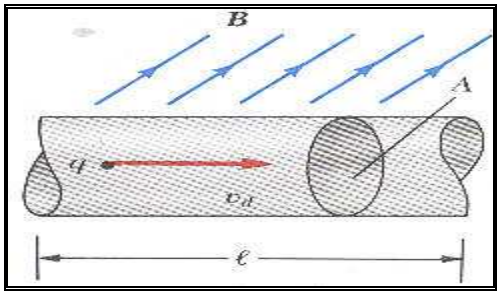
$$F = qo\ Vd\ X\ B\ (nAL)$$

$$vd = i/nqA$$

بالتعويض عن سرعة الانجراف نحصل على المعادلة التالية:

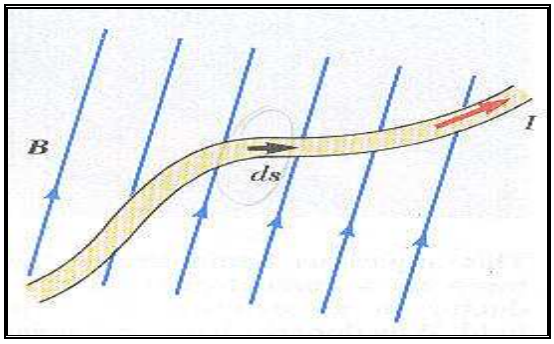
$$F = i\ L\ X\ B$$

وهذه المعادلة تمثل القوة المغناطيسية الكلية المؤثرة على سلك يمر به تيار في مجال مغناطيسي و Lهو متجه في اتجاه التيار



في حالة سلك غير منتظم فإننا نقسم السلك إلى عناصر صغيرة طول كل منها ds كما في الشكل وتكون القوة المغناطيسية المؤثرة على العنصر ds هو:

$$dF = i\ ds\ X\ B$$

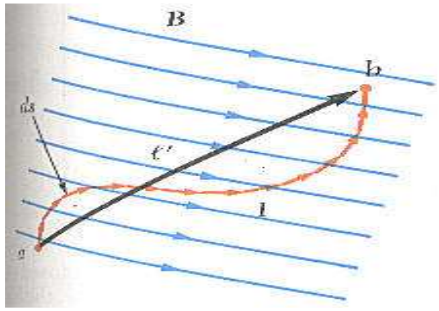


حالة خاصة (1)

في حالة سلك منحني كما في الشكل ويمر به تيار في مجال مغناطيسي منتظم فإن القوة المغناطيسية في هذه الحالة هي:

$$F = i\ L\ X\ B$$

حيث Lهي الازاحة بين نقطة البداية والنهاية للسلك.

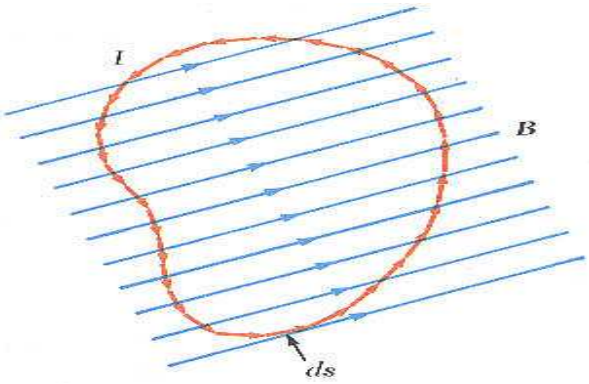


حالة خاصة (2)

في حالة وجود حلقة متصلة من سلك يمر به تيار كهربي موضوع في مجال مغناطيسي منتظم فإن القوة المغناطيسية الكلية المؤثرة على الحلقة يساوي صفراً.

$$F = 0$$

وذلك لأن المجموع الاتجاهي للازاحات الصغيرة ds يساوي صفراً حيث ستكون نقطة البداية هي نقطة النهاية



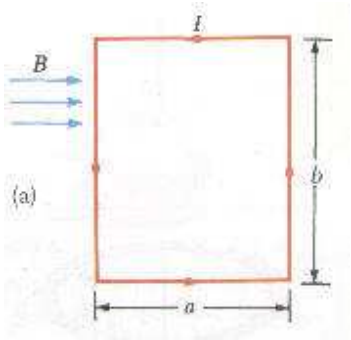
تأثير المجال المغناطيسي على حلقة يمر بها تيار
Torque on a current loop

أن قوة مغناطيسية تؤثر على سلك (1) يمر به تيار (2) وموضوع في مجال مغناطيسي خارجي.

في وضعية مشابهة نجد أن القوة المغناطيسية تؤثر بقوة عزم ازدواج على حلقة يمر بها تيار موضوعة في مجال مغناطيسي خارجي. كيف؟؟

حالة خاصة المجال المغناطيسي يوازي مستوى الحلقة

لنفرض حلقة من سلك موصل يمر به تيار i وموضوع في مجال مغناطيسي B موازي لمستوى الحلقة كما في الشكل



يؤثر المجال المغناطيسي على طول الضلعين b بقوة مغناطيسية متساوية في المقدار = F1 = F2 IbB ومتعاكسة في الاتجاه ولكن خط عملهما مختلف مما ينتج عن ذلك ازدواج .Torque يعطى بالعلاقة التالية:

$$T = iAB$$

بينما تكون القوة المغناطيسية على طول الضلعين a تساوي صفر وذلك لأن الزاوية المحصورة بين المجال المغناطيسي والتيار تساوي صفراً للضلع السفلي و 180 درجة للضلع العلوي من الحلقة.

حالة عامة المجال المغناطيسي يعمل زاوية مع مستوى الحلقة

بنفس الطريقة السابقة سيكون تأثير المجال المغناطيسي على الحلقة هو ازدواج يتولد على طرفي الضلعين b ولحساب الازدواج نقوم بضرب القوة المؤثرة في المسافة العمودية على النحو التالي:

$$T= F1\ (a/2) \sin o + F2\ (a/2) \sin o$$
$$T = ibB\ (a/2) \sin o + ibB(a/2) \sin o$$
$$T = iAB \sin o$$