

نميز أي مغناطيس بقطبيه الشمالي (North) ورمزه N والجنوبي (South) ورمزه S). وعندما نقرب قطبي مغناطيسين نلاحظ أن القطبين يتجاذبان إذا كانوا مختلفين ، ويتفافران إذا كانوا متشابهين.

ولو حصل بالتجربة أن قانون هذه القوة F يشبه قانون كولون للكهرومغناطيسية

$$F = \frac{\mu P_1 P_2}{4\pi r^2}$$

حيث

- لا تسمى نفاذية الوسط الذي يحيط بالمغناطيسين، وهي تعبر عن مدى قابلية هذا الوسط لنقل القوة بين القطبين وسندرسها بالتفصيل فيما بعد ؟
- P_1 و P_2 هما شدتا القطبين المغناطيسيين ووحدتهما الأمبير-متر ($A \cdot m$). وسبب وجود الأمبير في الوحدة هي أن التيار الكهربائي المار في سلك ينتج نفس الآثار المغناطيسية كالتي ينتجهما مغناطيس طبيعي كما سنرى في الفصل الثاني من هذه الوحدة. ونعرف شدة القطب المغناطيسي بطريقة مماثلة لتعريف الشحنة الكهربائية، أي أنه إذا وضعنا قطبين شدة كل منهما $1 A/m$ على بعد $1 m$ من بعضهما، فإن القوة الناتجة تساوي $\frac{\mu}{4\pi}$ نيوتن.
- r هي المسافة بين القطبين.

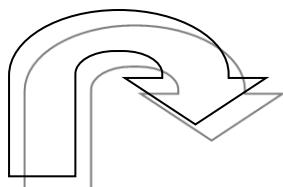
المجال المغناطيسي

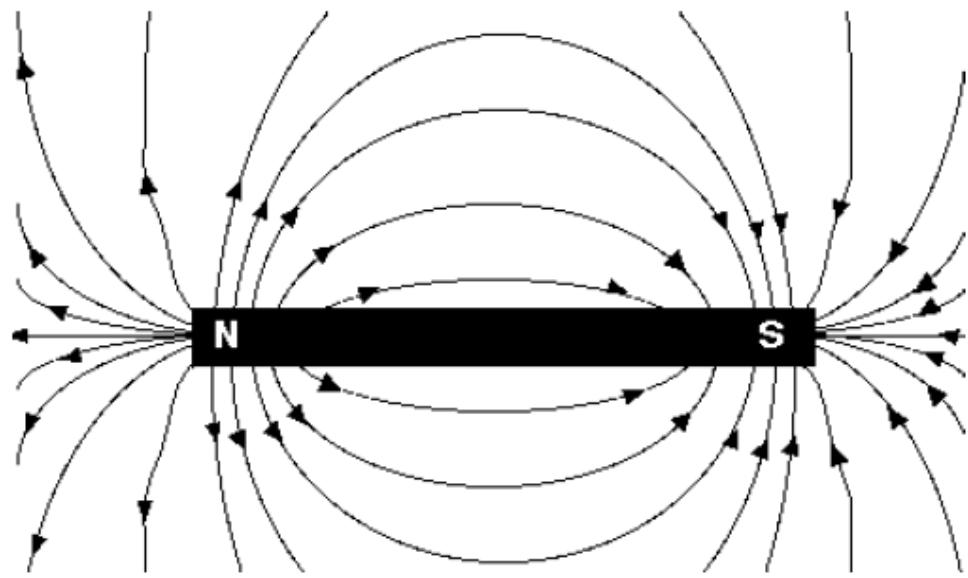
يمكن تعريف المجال المغناطيسي بأنه المنطقة المحيطة بالمغناطيس و التي تظهر فيها آثاره المختلفة.

من هذه الآثار نذكر على سبيل المثال انحراف إبرة مغناطيسية بطريقة معينة (كانحراف البوصلة في مجال المغناطيس الأرضي) ، أو ظهور قوة دافعة كهربائية في موصل يتحرك داخل نفس المجال.

ولدراسة وتحليل المجال المغناطيسي نستعمل مفهوم خطوط القوى أي أننا نخطط المجال المغناطيسي برسم خطوط قوى فيه بحيث أن المماس لخط القوى عند أي نقطة يعطي اتجاه القوى على قطب شمالي موجود في هذه النقطة

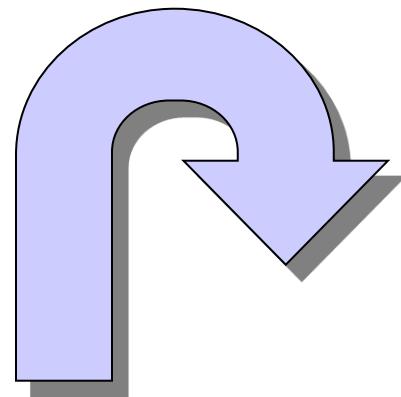
هذه الخطوط لا تداخل فيما بينها، وهي خطوط مغلقة وتتبع دائماً من القطب الشمالي للمغناطيس لتدخل في قطب الجنوبي . ويمكن أيضاً إيضاح خطوط القوى بواسطة لوح من الزجاج مغطى ببرادة الحديد، وبوضع مغناطيس تحت هذا اللوح ويدق اللوح دقاً خفيفاً ، تتظلم الأجزاء الحديدية نفسها على هيئة خطوط متقاربة

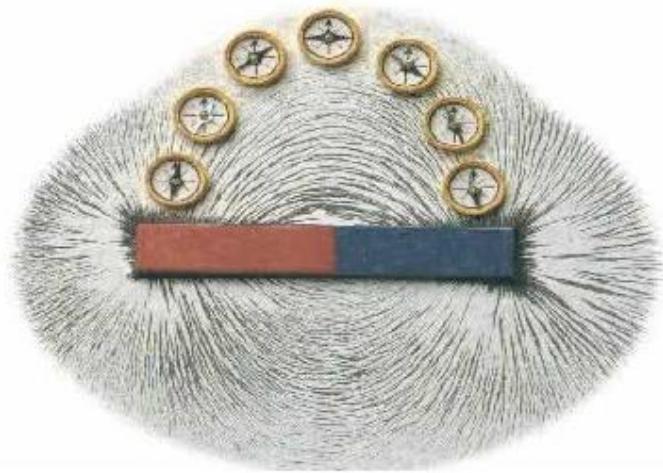




وكمانا لا يدخل فهل وضفت مجتمعه بوصولات في أماكن

مختلفة حول المتنبب لتداول باعترافها على اتجاه المجال

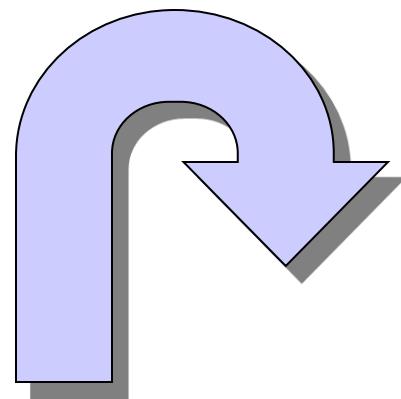


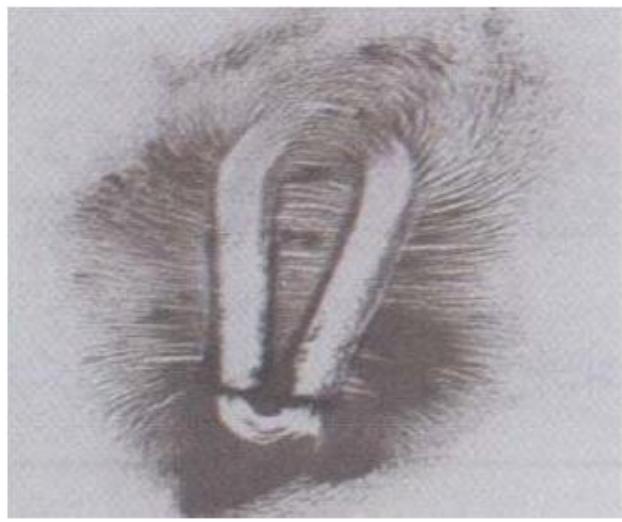


المجال

المغناطيسي بالنسبة لمغناطيس على هيئة حلقة العصان ، وهذا الشكلان للمغناطيس هما الأكثر

استعمالاً.

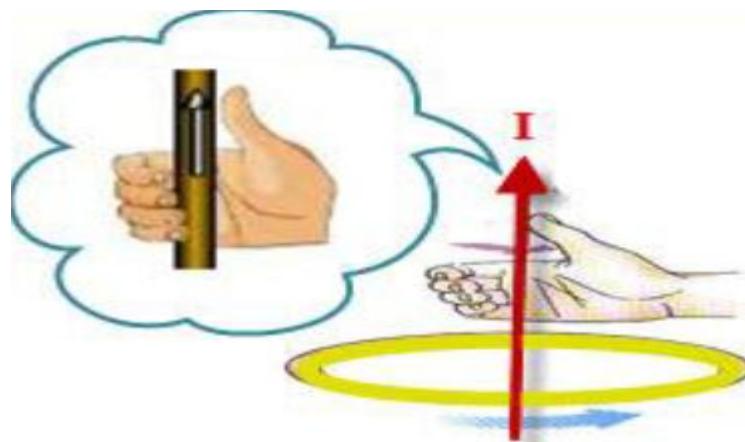




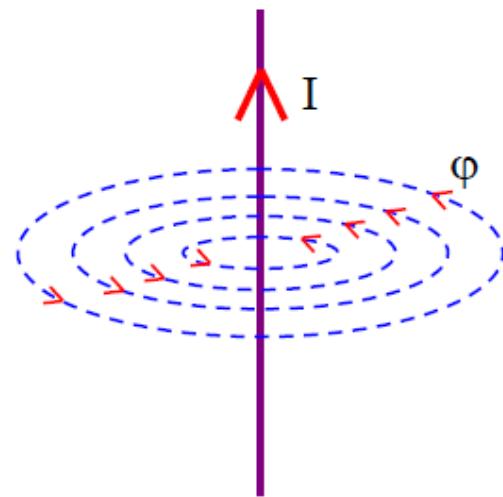
عندما يمر تيار كهربائي في ناقل مستقيم، يتولد حول هذا الناقل مجال مغناطيسي على شكل دوائر متمركزة حول الناقل وعمودية عليه تقارب الدوائر بالقرب من المركز وتبتعد كلما تباعدت عنه

نستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد

اتجاه خطوط المجال المغناطيسي المتولدة حول ناقل مستقيم يمر به تيار كهربائي، بحيث تخيل أنك تقابض بيديك اليمني على الناقل، وتمدد إبهامك باتجاه مرور التيار في الناقل، فيكون اتجاه يقية الأصابع الملتقة حول السلك دالاً على اتجاه المجال



. (



شكل رقم (٢ - ١) دوائر المجال المغناطيسي.

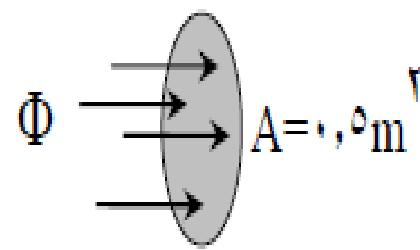
الفيلق المغناطيسي Φ في مساحة معينة A يعبر عن عدد خطوط القوى التي تمر عمودياً على هذه المساحة، فكلما ازداد عدد الخطوط ازداد الفيلق، ووحدته الوير (Weber) ورمزه (Wb). أما كثافة الفيلق B فتسمى الحث المغناطيسي ووحدتها التسلا (Tesla) ورمزه (T)، وهي مقدار موجة اتجاهها في نقطة معينة هو اتجاه خطوط القوى في هذه النقطة، وترتبط قيمتها بالفيلق بالمعادلة

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

١ ٢

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

مثال ١: إذا كان الفيض المغناطيسي في المساحة A المبينة في الشكل ١-٤، $\Phi = 2 \times 10^{-5} \text{ Wb}$.
احسب كثافة الفيض حول هذه المساحة.

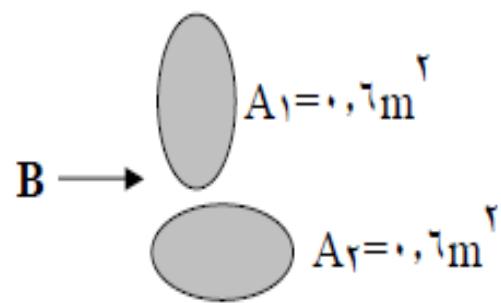


الشكل ١-٤

الحل:

$$B = \frac{\Phi}{A} = \frac{2 \times 10^{-5}}{0.5} = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

مثال ٢: احسب الفيصل المغناطيسي في المساحتين المتعامدين A_1 و A_2 (الشكل ١٥) إذا كانت كثافة الفيصل في المنطقة المحيطة بالمساحتين $T = 10^0 \text{ T}$ ، وكان اتجاهها عمودي على المساحة A .



الشكل ١٥

الحل:

$$\Phi = B A_1 = 10^0 \times 0.6 \text{ Wb} : \text{الفيصل في المساحة } A_1$$

الفيصل في المساحة A_2 يساوي الصفر لأن خطوط المجال لا تمر داخل هذه المساحة.

تعتمد كثافة الفيصل المغناطيسي في نقطة ما على نوع المادة المتواجدة في تلك النقطة. وتسمى خاصية المادة التي تؤثر على كثافة الفيصل النفاذية ويرمز لها بالرمز μ ووحدتها الهنري لكل متر (Henry/m) ورمزاها H/m . ونستعمل نفاذية الفراغ كمراجع ويرمز لها بالرمز μ_0 وقيمتها

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} H/m$$

وقيمة نفاذية الهواء قريبة جدا من μ_0 . ونسمى النسبة بين نفاذية مادة ما والنفاذية μ_0 النفاذية النسبية لهذه المادة ويرمز لها بالرمز μ_r ، أي

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

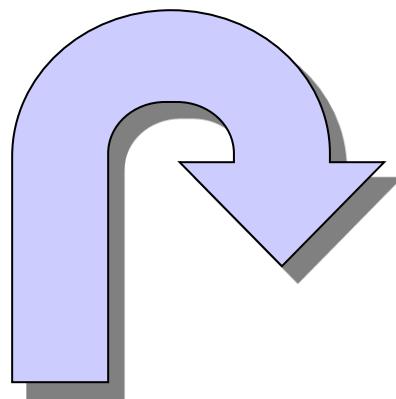
وتعبر النفاذية على مدى سماحية المادة لمرور خطوط القوى المغناطيسية، وعلى هذا الأساس نقسم المواد إلى :

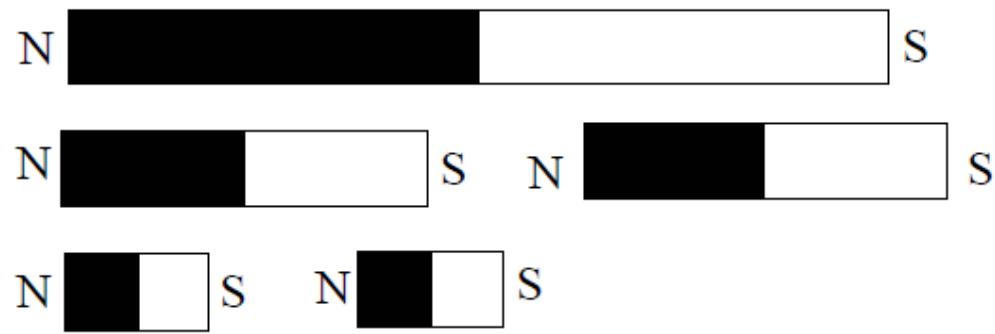
- المواد المغناطيسية (الحديدية Ferromagnetic) و قيم χ_m فيها أكبر من الواحد بكثير كما في الحديد والnickel والكوبالت. وهذه المواد تزيد من كثافة خطوط المجال بمئات أو آلاف المرات عما كانت عليه في الفراغ (وتتجاوز 10^3 مليون في بعض الفلزات).
- المواد شبه المغناطيسية (البارامغناطيسية Paramagnetic) و قيم χ_m فيها أكبر بقليل من الواحد كما في الألومنيوم والسيلينكون. وهذه المواد تزيد من كثافة خطوط الفيض عما كانت عليه في الفراغ بنسبة قليلة جدا.
- المواد ضد المغناطيسية (الديامغناطيسية Diamagnetic) و قيم χ_m فيها أقل بقليل من الواحد كما في النحاس والفضة. وهذه المواد تنقص من كثافة خطوط الفيض عما كانت عليه في الفراغ بنسبة قليلة جدا.

وتجدر الإشارة إلى أن المواد شبه المغناطيسية و المواد ضد المغناطيسية تعتبر مواد غير مغناطيسية لأن تأثيرها على كثافة الفيض المغناطيسي يمكنه أن يكون معدوما.

التفسير الجزيئي للمغناطيسية

يفسر ارتفاع الفيض المغناطيسي في الحديد وفي غيره من المواد المغناطيسية إلى تكوين هذه المواد من مغناطيسات متاهية في الصفر تسمى المغناطيسات الجزيئية (magnetic domains) حيث نحصل دائمًا على قضيبين مغناطيسيين لكل واحد منها قطب شمالي واحد وقطب جنوب واحد، وذلك كلما قسمنا قضيباً مغناطيسياً إلى قطعتين. ويمكن نظرياً الإستمرار في هذا التقسيم حتى الحصول على أصغر مغناطيس له قطب شمالي واحد وقطب جنوب واحد، وهو الذي نسميه المغناطيس الجزيئي.

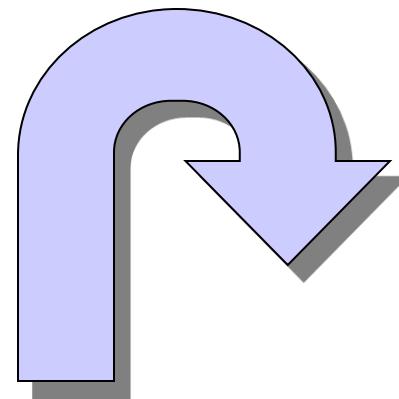




الشكل ٦-١: تقسيم المغناطيسات

وعند انعدام مجال مغناطيسي خارجي تتوزع هذه المغناطيسات الجزيئية عشوائيا

يجعلون المجال الناتج عن هذه المغناطيسات مغایراً.



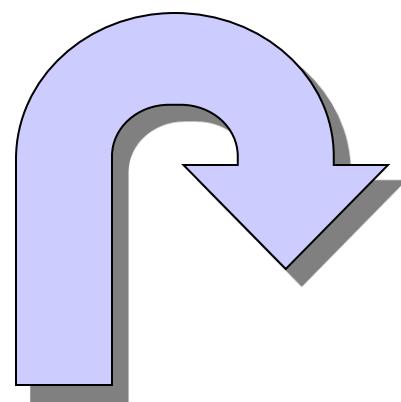
N ■ S

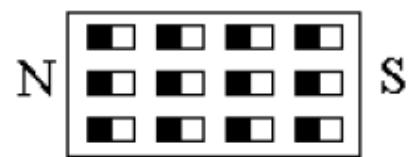


الشكل ١-٧: مغناطيسات جزيئية غير مرتبة في مادة مغناطيسية

وعند مغناطيسة هذه المواد المغناطيسية، بتعرضها المجال خارجي قوي نسبياً، فإن المغناطيسات

الجزئية ترتب نفسها





الشكل ١-٨: مغناطيسات جزيئية مرتبة في مادة مغناطيسية

والحديد المطاوع يفقد مغناطيسيته بعد وقت قصير من إبعاده عن المجال المغناطيسي، ولكن يبقى
قليل من المغناطيسات الجزيئية به في حالة مرتبة، وهذا يفسر ظاهرة المغناطيسية الاستباقية. وعندما
يُمْفَنَّط الحديد الصلب فإنه يتحول إلى مغناطيس، ويرجع سبب ذلك إلى بنية الصلب الكثيفة والقوية.
ويُفقد الحديد الصلب مغناطيسيته إذا تعرض إلى اهتزازات عنيفة أو إلى حرارة عالية.

شدة المجال المغناطيسي

شدة المجال المغناطيسي H في نقطة ما هي النسبة بين كثافة الفيض المغناطيسي والنفاذية المطلقة للمادة الموجودة في تلك النقطة ، أي

H B E

L

وحدة الشدة هي أمبير لكل متر (A/m)، وسنرى سبب اختيار هذه الوحدة عندما ندرس العلاقة بين التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي. وعلى العكس من كثافة الفيض، فإن شدة المجال المغناطيسي لا تعتمد على نوع المادة المتواجدة في المجال، وإنما تعتمد على مصدر المجال (المغناطيس) فقط. وشدة المجال هي مقدار موجة لها نفس اتجاه كثافة الفيض.

ينتُج مغناطيس مجالاً شدته A/m 20 في نقطة معينة من الفضاء المجاور له، احسب كثافة الفيصل في هذه النقطة إذا كانت نفاذية القضاء المحيط بها تساوي:

أ- الفراغ أو الهواء

ب- $\mu = 1.00002 \times 10^{-7}$ (الألمتيوم : مادة بارامغناطيسية)

ج- $\mu = 0.99$ (مادة ديمغناطيسية)

د- $\mu = 5000$ (نوع من الحديد: مادة مغناطيسية)

Solution

$$B = \mu . H = 4\pi \times 10^{-7} \times 20 = 2.51 \times 10^{-5} T$$

$$B = \mu . H = 1.00002 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 20 = 2.513 \times 10^{-5} T$$

$$B = \mu . H = 0.99 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 20 = 2.48 \times 10^{-5} T$$

$$B = \mu . H = 5000 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 20 = 12566 \times 10^{-5} T$$

وكمما هو واضح من الحسابات السابقة فإن كلّافة الفيصل المغناطيسى لا تتغير بصورة ملحوظة في مكان ما إلا إذا وضعنا مادة مغناطيسية فيه