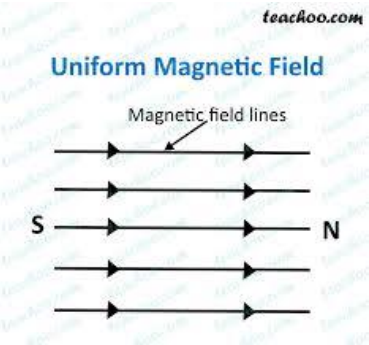
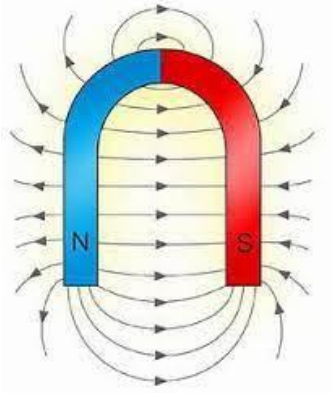
**المجال المغناطيسي المنتظم :**

هو مجال ثابت الشدة القيمة والإتجاه ، وتكون خطوطه عبارة عن مستقيمات شبه متوازية وبمعنى آخر هو المجال الذي تكون كثافة فيضه متساوية المقدار موحدة الاتجاه عند جميع النقاط الواقعة فيه.




**أمثلة على المجال المغناطيسي المنتظم:**

-المجال المغناطيسي بين قطبي مغناطيس على شكل حرفU .

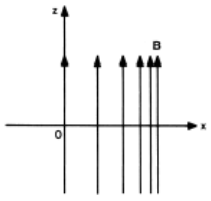
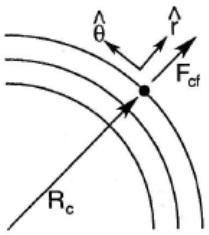
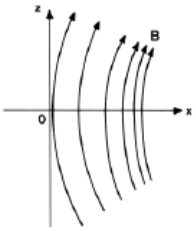
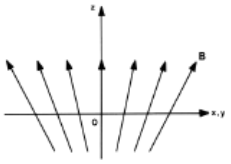


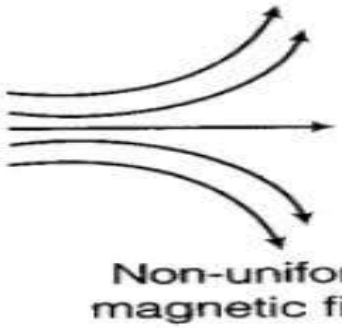

-المجال المغناطيسي بين قطبين مختلفين.

-المجال المغناطيسي الأرضي في مساحة محددة كأي مدينة مثلا.

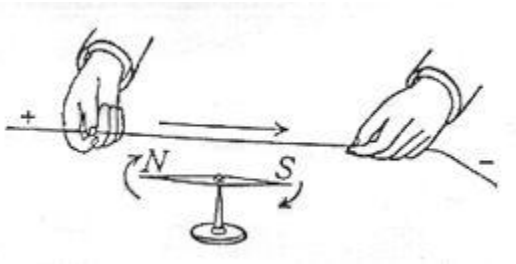
**المجال المغناطيسي غير المنتظم ، هو مجال متغير الشدة أو الاتجاه أو الشدة والاتجاه معا.**

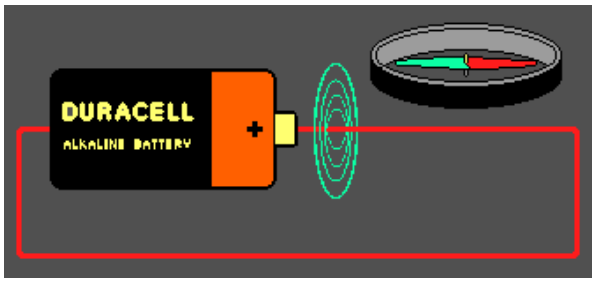
Types of nonuniform magnetic field

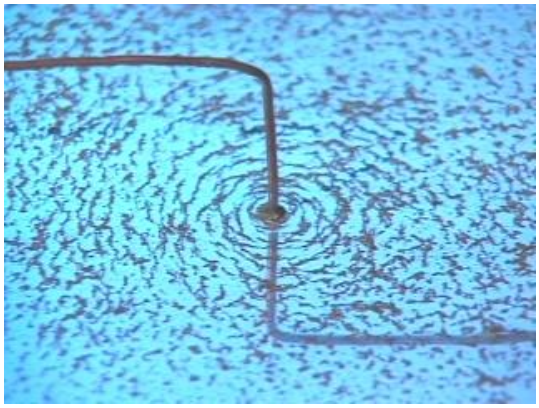
|  |  |  |  |
|---|---|---|---|
| Grad B | Curvature | Grad B and curvature | Divergence B |
| 1) $\partial B_z/\partial x,\ \partial B_z/\partial y$ | 2) $\partial B_x/\partial z,\ \partial B_y/\partial z$ | 1)+2) | 3) $\partial B_i/\partial i,\ i = x, y, z$ |




**<u>المجال المغناطيسي للتيار المستقيم</u>:** عندما يسري تيار كهربائي في سلك فإنه ينتج مجال مغناطيسي حول السلك .





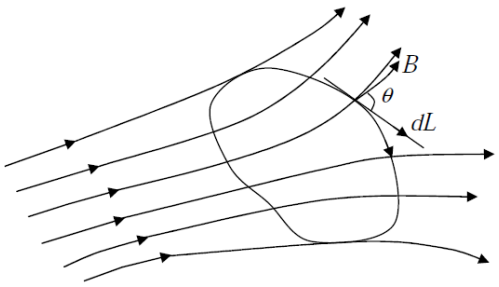



## قانون أمبير Ampere's Law

هو تعبير آخر للعلاقة بين التيار والمجال المغناطيسي الناشئ عنه في صورته التكاملية وينص على أن التكامل الخطي لشدة الحث المغناطيسي مأخوذاً عند كل منحني مغلق أيا كان شكله وفي أي وسط كان يساوي التيار الكلي المار خلال المساحة التي يطوقها المنحني مضروباً في ثابت سماحية ذلك الوسط .ويأخذ الصيغة الرياضية الآتية:

$$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_o I = Bl\cos\theta$$

حيث ان θ هي الزاوية المحصورة بين متجهي $B$ وعنصر الطول $dL$ المماس للمنحني في نقطة ما (كما في الشكل ادناه ) ، Bcos θ المركبة المماسة للحث المغناطيسي باتجاه dL .

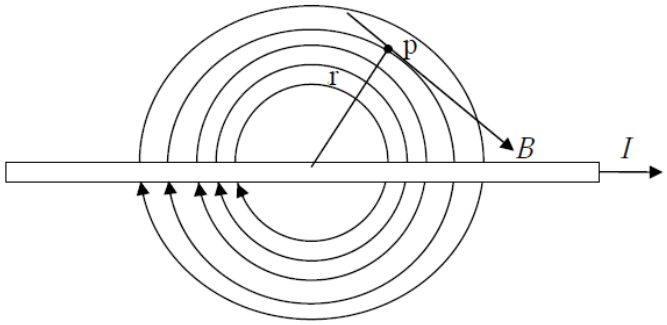


لقد دلت التجارب على أن قانون أمبير يطبق على كل الحالات المغناطيسية الناشئة عن تشكيلات مختلفة من التيارات ثابتة القيمة ولأي مسار مغلق محيط بتلك التيارات .ومن خصوصيات هذا القانون هو أن حساب التكامل الخطي $\oint \vec{B}.\vec{dl}$ يصبح ممكناً فقط في الحالات التي يكون فيها المجال المغناطيسي ذا توزيع متناظر.

**<u>سلك مستقيم طويل يحمل تياراً قدره I</u>**

حساب B في النقطة P التي تبعد عن مركز السلك مسافة $r$ باستعمال قاعدة اليد اليمنى نجد أن خطوط المجال المغناطيسي تكون بشكل دوائر R . متحدة المركز مع محور السلك وهي تقع في مستويات عمودية على السلك.والآن لو اعتبرنا الدائرة التي تمر بالنقطة P مساراً مغلقاً وطبقنا قانون أمبير لحصلنا على:

$$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_o I = Bdl\cos\theta$$




$$\theta = \text{zero}$$

$$\oint BdL = \mu_o I$$

وبما ان B كان ثابتاً لجميع نقاط المسار الذي نصف قطره r كونه يعتمد فقط على بعد النقطة p من محور السلك لذا فان :

$$B\oint dL = \mu_o I$$

وبما ان

$$\oint dL = L = 2\pi r$$

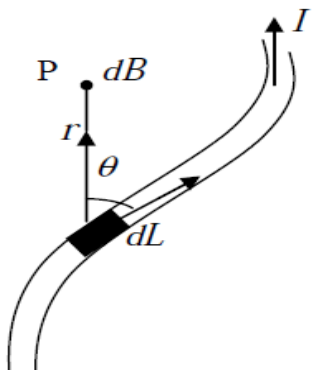
اذن :

$$B(2\pi r) = \mu_o I$$

$$B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$$

## قانون بايوت وسافارت Biot – Savart Law

بعد اكتشاف اوريستد التأثير المغناطيسي لسلك يمر فيه تيار عام 1819 ، قام بايوت وسافارت بعدة تجارب كانت حصيلتها بناء علاقة رياضية بواسطتها يمكن حساب شدة المجال المغناطيسي عند أية نقطة في الفراغ حول سلك موصل يحمل تياراً كهربائياً.
لنتأمل سل كاً طوله $L$ يسري خلاله تيار كهربائي، وان المجال المغناطيسي لعنصر صغير من السلك طوله $dL$ عند نقطة p في الفراغ يكون دائماً عمودي على المستوي الذي يضم $dL$ ومتجه الإزاحة $r$ ولقد وجد بايوت وسافارت أن يتناسب عكسياً مع مربع المسافة مقدار dB يتناسب عكسياً مع مربع المسافة $r$ وطردياً مع مقدار التيار المار في السلك .




$$dB = k\frac{IdL\sin\theta}{r^2}$$

$$\overrightarrow{dB} = k\frac{I\overrightarrow{dL}\times\vec{r}}{r^3}$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{IdL\sin\theta}{r^2}$$

$$\overrightarrow{dB} = \frac{\mu_o I}{4\pi}\int\frac{\overrightarrow{dL}\times\vec{r}}{r^3}$$

حيث ان $\mu_0=\frac{\mu}{4\pi}$ وان $\mu_o = 4\pi k = 12.57\times10^{-7}\frac{Wb}{amp.m}$ .

$$B = \int dB = \frac{\mu_o I}{4\pi} \int \frac{dL \sin\theta}{r^2}$$

$$\vec{B} = \int dB = \frac{\mu_o I}{4\pi} \int \frac{\vec{dL} \times \vec{r}}{r^3}$$

**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:

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

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

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

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

مثال :

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 ؟

## تاثير المجال المغناطيسي على سلك يحمل تيار كهربائي

لنفرض أن عدد الالكترونات المتحركة في وحدة الحجم من السلك هو $n$ كلاً من هذه الالكترونات تتأثر بقوة مغناطيسية يمكن إيجادها حسب المعادلة

$$F = e\vartheta_d B$$

$$F = e\left(\frac{I}{neA}\right) B$$

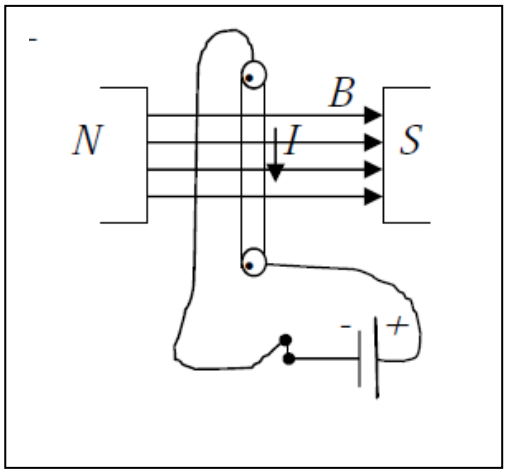
أما محصلة القوة الكلية التي تؤثر على جميع الالكترونات الطليقة في السلك فهي:

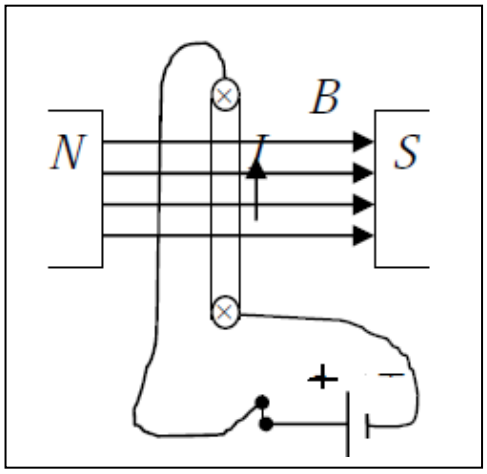
$$F = Nf = (nAL)\frac{eIB}{neA}$$

حيث *ان* $N=nAL$ : العدد الكلي للالكترونات الطليقة التي يحويها السلك بأكمله.وبإجراء الاختصارات نجد القوة المؤثرة على السلك الذي طوله $L$ وهي :

$$F = ILB$$

$$\vec{F} = I(\vec{L} \times \vec{B})$$

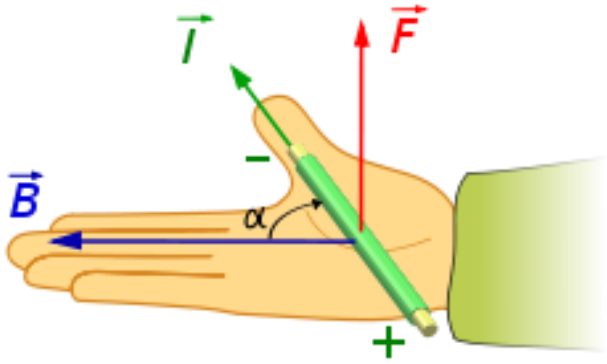


وفي الحالة التي يكون فيها السلك غير منتظم

$$\overrightarrow{dF} = I(\overrightarrow{dL} \times \overrightarrow{B})$$

$$\therefore \overrightarrow{F} = I \int_a^b \overrightarrow{dL} \times \overrightarrow{B}$$




** من النطبيقات العملية هو جهاز الكلامب ميتر( Clamp meter ) الذي يقيس التيار.

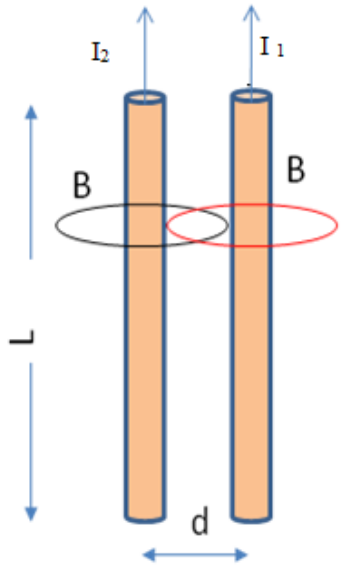
**سلكين متوازيين يمر فيهما تيار كهربائي**

في حالة موصليين متوازيين كل واحد منهم يحمل تيار كهربائي سوف يولد كل واحد منهما حوله مجال مغناطيسي يؤثر به على الآخر لذلك تنشأ قوة مغناطيسية بينهما .عندما يكون لكلا التيارين نفس الإتجاه تكون القوة بينهما تجاذب. اما ان كانا متعاكسين فان القوة تنافر .

$$F_B = \mu_0 L \frac{I_1 I_2}{2\pi d}$$

او القوة لوحدة الاطوال :

$$F_B / L = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi d}$$




مثال : سلك مستقيم طوله 40 cm موضوع في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $10^{-2}$ T بحيث يصنع مع المجال زاوية $30^{o}$ جد شدة التيار الذي إذا مر في السلك فانه يتأثر بقوة قدرها 0.005 N .

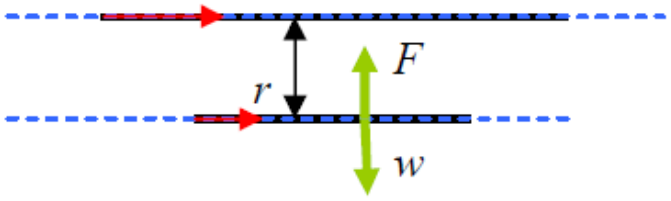
$$F=BIL\ sin\ \theta$$

مثال : سلك طوله 80 cm ويمر به تيار شدته 2A وضع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه 0.040 T.احسب القوة المؤثرة عليه إذا كان :(أ ) موازيا للمجال المغناطيسي (ب ) عموديا على المجال (ج) يصنع مع المجال زاوية $30^{o}$ .

مثال : يتزن سلك كهربائي طوله 10 cm وكتلته 5 g ويمر فيه تيار كهربائي 3 A عندما يوضع افقيا في الهواء تحت سلك اخر طويل مواز له ويمر فيه تيار 50 A .(أ) في اي اتجاه يجب ان يكون التياران المار ان لكي يحدث الاتزان . (ب) احسب المسافة بين السلكين .

الحل :

(أ) التياران يكونان بنفس الاتجاه.




(ب)

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

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

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

وبمساواة هذه القوة مع الوزن نجد:

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