Chapter 3

المجال المغناطيسي الناشئ من التيار الكهربائي

مصادر توليد المجال المغناطيس

في الفصلين السابقين تحدثنا عن حركة جسيم مشحون داخل مجال مغناطيس وكذلك تحدثنا عن سريان التيار الكهربائي داخل مجال مغناطيسي أيضا ولكن في هذا الفصل سنتحدث عن تولد مجال مغناطيسي من شحنه متحركة وكذلك تولد مجال مغناطيسي من سريان التيار الكهربائي.

أولا: قانون بايوسافارت The Biot-Savart Law

أولا قانون بايوسافارت

يعتني هذا القانون بعلاقة المجال المغناطيسي الناشئ من مرور تيار كهربائي في سلك. وهو تعبير رياضي يعطي المجال المغناطيسي عند نقطة ما في الفراغ بدلالة التيار المسبب للمجال. ومن تطبيقات هذا القانون ما يلي

١. حساب المجال المغناطيسي حول موصل (سلك) رفيع ومستقيم يسري فيه تيار كهربائي
٢. حساب المجال المغناطيسي حول موصل (سلك) رفيع منحني يسري خلاله تيار كهربائي
٣. حساب المجال المغناطيس على محور حلقة دائرية يسري فيه تيار كهربائي
٤. حساب المجال المغناطيس محور أسطوانة يسري فيها تيار كهربائي
٥. حساب المجال المغناطيس الناشئ بين سلكين متوازيين يسري فيهما تيار كهربائي

ثانيا قانون امبير :

ما هو قانون امبير ؟

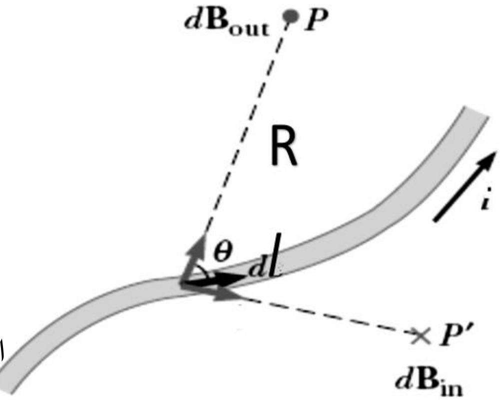
الجواب: ان التكامل الخطي لحاصل ضرب B.dl حول أي مسار مغلق يساوي $\mu_0 i$ حيث ان i هو التيار الكلي الذي يمر باي سطح محدد بالمسار المغلق.

ومن تطبيقات هذا القانون ما يلي:

١. حساب المجال المغناطيسي حول موصل (سلك) رفيع ومستقيم يسري فيه تيار كهربائي
٢. حساب المجال المغناطيس محور أسطوانة يسري فيها تيار كهربائي

الصيغة الرياضية لقانون بايوت سافارت

B is Magnetic field
μ_o is Magnetic Permeability = $4\pi \times 10^{-7}$ T.m/A
i is current
L is length of the wire
R distance between point P and wire
θ is between i and r



المجال الناشئ عن تيار يمر من عنصر صغير من الطول dl لموصل

dB= $\frac{\mu_o i}{4\pi}\frac{dl\times\hat{R}}{R^2}$ ……………….. 1 Biot-Savart Law

المجال الكلي الناشئ عن تيار يمر بطول محدد

B= $\frac{\mu_o i}{4\pi}\int\frac{dl\times\hat{R}}{R^2}$ ………………..2 Biot-Savart Law

أولا قانون بيوسافارت

١ ـ المجال المغناطيسي حول موصل (سلك) رفيع ومستقيم يسري فيه تيار كهربائي

حساب المجال المغناطيسي عند النقطة P والتي تبعد مسافة r من موصل طولة l والذي يقع على الاحداثي الصادي

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{i\,dl \times \hat{R}}{R^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

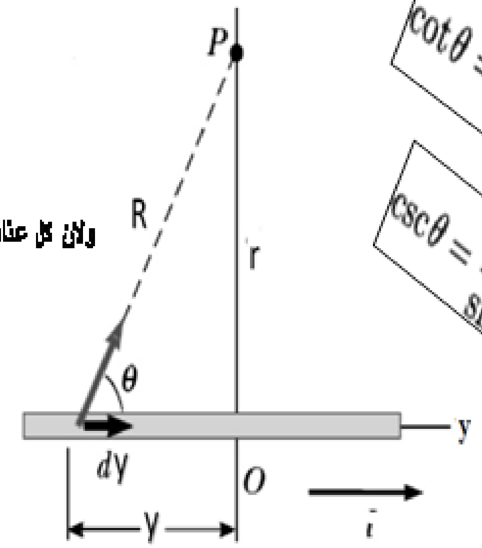
$$dl \times \hat{R} = k\,\left|dl \times \hat{R}\right| = k\,(dy\,\sin\Theta) \quad \ldots..3$$

$$dB = (dB)k = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I\,dy\,\sin\theta}{R^2}\,k \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 4$$

ولان كل عناصر التيار تسبب مجالا في اتجاه k لذلك سنركز على المجال الناشئ عن عنصر التيار

$$dB = \frac{\mu_0\,i}{4\pi}\,\frac{dy\,\sin\theta}{R^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5$$

ولإيجاد التكامل يجب ان نجد علاقة بين المتغيرات θ,y,R ومن الشكل نجد ان



$$\cot\theta = \frac{1}{\tan\theta}$$

$$\csc\theta = \frac{1}{\sin\theta}$$

$$\sin\theta = \frac{r}{R} \rightarrow R = \frac{r}{\sin\theta} \rightarrow R = r\csc\theta \quad \ldots\ldots.6$$

$$\tan\theta = \frac{r}{-y} \rightarrow y = \frac{r}{\tan\theta} \rightarrow -y = r\cot\theta \quad \ldots\ldots 7$$

$$dy = r\csc^2\theta\,d\theta \quad \ldots. 8$$

وبتعويض العلاقات ٨ و٦ في العلاقة٥

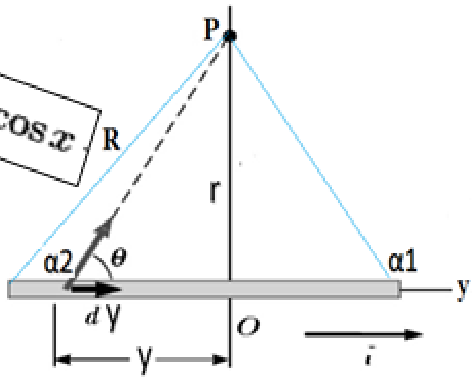
$$\int \sin x\,dx = -\cos x$$

$$dB = \frac{\mu_0\,i}{4\pi}\,\frac{(r\csc^2\theta\,d\theta)\sin\theta}{(r\csc\theta)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 9$$

$$dB = \frac{\mu_0\,i}{4\pi}\,\frac{r\csc^2\theta\,d\theta\,\sin\theta}{r^2\csc^2\theta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 10$$

$$dB = \frac{\mu_0\,i}{4\pi}\,\frac{d\theta\,\sin\theta}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 11$$

$$dB = \frac{\mu_0\,i}{4\pi r}\,\sin\theta\,d\theta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 12$$



ومن اجراء التكامل على العلاقة الأخيرة للحصول على قيمة B عند النقطة P
حيث ان حدود التكامل هي من α2 الى α1 وكما هو واضح بالشكل المجاور

$$B = \frac{\mu_0\,i}{4\pi r}\int_{\alpha 2}^{\alpha 1}\sin\theta\,d\theta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 13$$

$$B = \frac{\mu_0\,i}{4\pi r}\,[-\cos\theta]_{\alpha 2}^{\alpha 1}$$

$$B = \frac{-\mu_0 i}{4\pi r}\,[\cos\theta]_{\alpha 2}^{\alpha 1} \quad \ldots\ldots\ldots 14$$

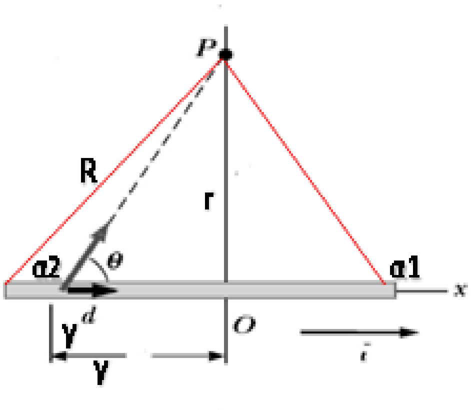
$$B = \frac{-\mu_0\,i}{4\pi r}\,(\cos\alpha 1 - \cos\alpha 2)$$

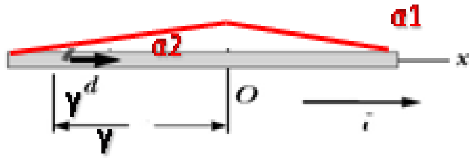
$$B = \frac{\mu_0\,i}{4\pi r}\,(\cos\alpha 2 - \cos\alpha 1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 15$$

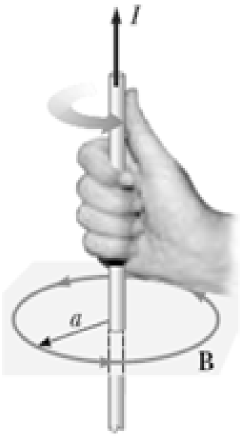
حالة خاصة:

عندما يكون السلك طويلا جدا و وتبعد نقطة P مسافة صغيرة جدا عن السلك حيث ان ستكون قيمة $(\alpha_2 = 0)$ وقيمة $(\alpha_1 = 180)$ فيمكن كتابة العلاقة ١٥ على النحو الاتي:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad \ldots\ldots\ldots 16$$







ملاحظة:

يمكن إيجاد اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن سلك مستقيم باستخدام قاعدة اليد اليمنى حيث يوضح اتجاه الابهام باتجاه التيار الكهربائي وبذلك سوف تشير لفة الأصابع الى اتجاه المجال المغناطيسي وكما موضح بالشكل.

٢- المجال المغناطيسي حول موصل (سلك) رفيع منحني يسري خلاله تيار كهربائي

يلاحظ من الشكل ان كل عنصر من عناصر السلك AC يقع على مسافة متساوية من النقطة o وبذلك تكون كل نقطة من نقاط السلك عمودية على متجهة النقطة o حيث ان

$$|ds \times \hat{R}| = ds \quad \ldots\ldots\ldots 17$$

وباستخدام العلاقة ١

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\, ds \times \hat{R}}{R^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

وبتعويض ١٧ في ١

$$dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{ds}{R^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 18$$

وبما ان R و i ثوابت يمكن اجراء التكامل

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R^2} \int ds \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 19$$

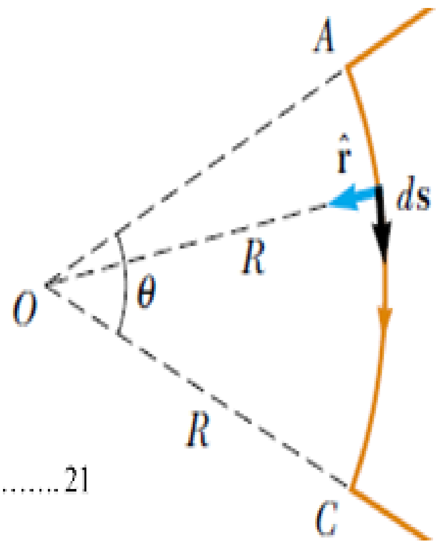
$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R^2} s \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 20$$

ومن الشكل نلاحظ ان S=Rθ لذلك

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R^2} R\theta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 21$$

$$B = \frac{\mu_0 i\theta}{4\pi R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 22$$

علما ان θ مقاسة بالوحدات الدائرية



مثال ١:

السلك ab مستقيم طوله 1.6m يسري خلاله تيار كهربائي شدته 5A بالاتجاه ab جد B في نقطة p التي تبعد عن السلك مسافة 60cm عندما تكون p واقعة

١- على العمود المنتصف للسلك

٢- واقعة على العمود المقام من الطرف a

٣- واقعة على العمود المقام من نقطة على امتداد ab وتبعد عن a مسافة 40cm

l = 1.6 m

i = 5 A

B = ?

r = 0.6 m

$$B=\frac{\mu_0 i}{4\pi r}(\cos\alpha 2-\cos\alpha 1)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 15$$

$$R=\sqrt{(0.8)^2+(0.6)^2}=1\text{ m}$$

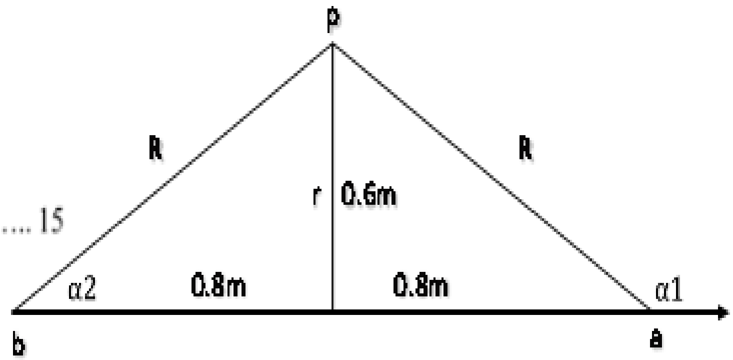
$$\cos\alpha_1=\frac{0.8}{1}=-0.8$$

$$\cos\alpha_2=+0.8$$

$$B=\frac{\mu_0 i}{4\pi r}(\cos\alpha 2-\cos\alpha 1)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 15$$

$$B=\frac{(4)(\pi)(10^{-7})(5)}{4\pi(0.6)}(0.8-(-0.8))$$

$B = 1.33\ \mu T$ toward reader



مثال ١:

السلك ab مستقيم طوله 1.6m يسري خلاله تيار كهربائي شدته 5A بالاتجاه ab جد B في نقطة p التي تبعد عن السلك مسافة 60cm عندما تكون p واقعة

١- على العمود المنتصف للسلك

٢- واقعة على العمود المقام من الطرف a

٣- واقعة على العمود المقام من نقطة على امتداد ab وتبعد عن a مسافة 40cm

l = 1.6 m

i = 5 A

B = ?

r = 0.6 m

$$B=\frac{\mu_0 i}{4\pi r}(\cos\alpha 2-\cos\alpha 1)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 15$$

$$R=\sqrt{(1.6)^2+(0.6)^2}=1.7\text{ m}$$

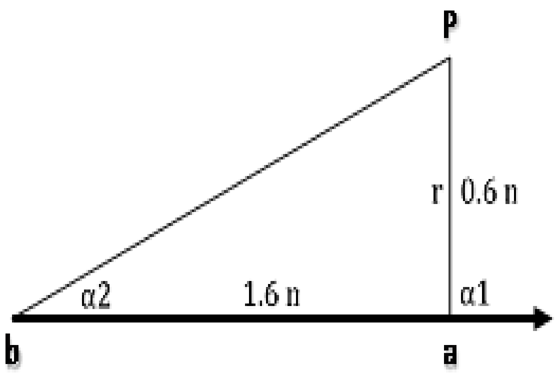
$$\cos\alpha_1=0$$

$$\cos\alpha_2=\frac{1.6}{1.7}=+0.935$$

$$B=\frac{\mu_0 i}{4\pi r}(\cos\alpha 2-\cos\alpha 1)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 15$$

$$B=\frac{(4)(\pi)(10^{-7})(5)}{4\pi(0.6)}(0.935-0)$$

$B = 0.78\ \mu T$ toward reader



مثال ١ :

السلك ab مستقيم طوله 1.6m يسري خلاله تيار كهربائي شدته 5A بالاتجاه ab جد B في نقطة p التي تبعد عن السلك مسافة 60cm عندما تكون p واقعة

١ - على العمود المنتصف للسلك

٢ - واقعة على العمود المقام من الطرف a

٣- واقعة على العمود المقام من نقطة على امتداد ab وتبعد عن a مسافة 40cm

l = 1.6 m

i = 5 A

B = ?

r = 0.6 m

$$B = \frac{\mu_o i}{4\pi r}(\cos\alpha 2 - \cos\alpha 1) \qquad \text{.................... 15}$$

$R1 = \sqrt{(0.4)^2 + (0.6)^2} = 0.72$ m

$R2 = \sqrt{(2)^2 + (0.6)^2} = 2.08$ m

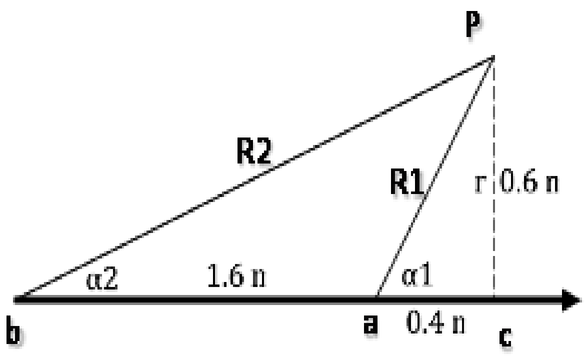
$\cos\alpha_1 = \frac{0.4}{0.72} = 0.55$

$\cos\alpha_2 = \frac{2}{2.08} = +0.96$

$$B = \frac{\mu_o i}{4\pi r}(\cos\alpha 2 - \cos\alpha 1) \qquad \text{.................... 15}$$

$$B = \frac{(4)(\pi)(10^{-7})(5)}{4\pi(0.6)}\ (0.96 - 0.55)$$

B= 0.34 μT toward reader



٣ - المجال المغناطيسي على محور حلقة دائرية يسري فيه تيار كهربائي

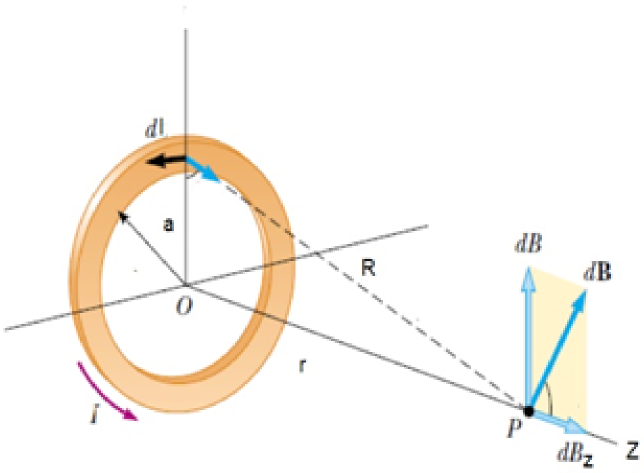
سيتم اشتقاق قانون لحساب قيمة المجال المغناطيسي عند النقطة P والواقعة على محور دائرة نصف قطرها R تقع على المستوي yx حيث ان محور الدائرة سيقع على الاحداثي العمودي وكما موضح بالشكل

$$dB=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\,dl\times\hat{R}}{R^2}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

في هذه الحالة كل عنصر طوله dl يكون عمودي على المتجه R عند موضع العنصر لذا

$$dl\times\hat{r}=dl\quad\ldots..23$$

$$dB=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\,dl}{R^2}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 24$$



ومن الشكل نلاحظ ان

$$R=\sqrt{r^2+a^2}\quad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 25$$

$$dB=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\,dl}{r^2+a^2}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 24$$

ومن الشكل نلاحظ ان

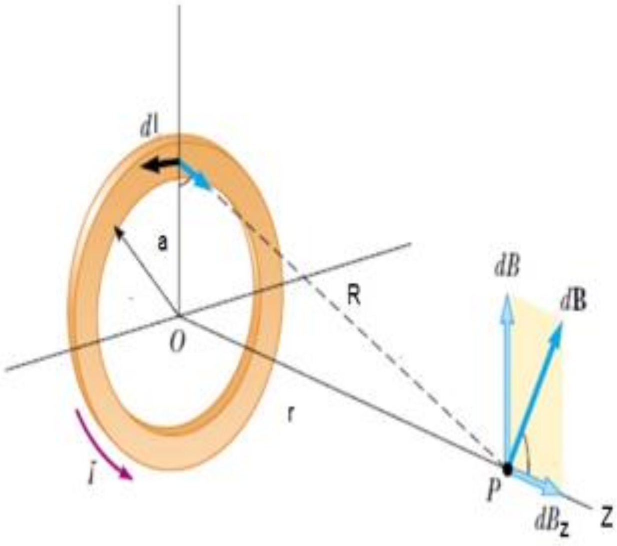
$$B=B_z+B_y$$
$$B_y=0\ \ (\text{why ?????})$$
$$B_z=B\cos\theta$$

$$B_z=\oint dB\cos\theta=\frac{\mu_0 I}{4\pi}\oint\frac{ds\cos\theta}{r^2+a^2}\quad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 25$$

ومن الشكل نلاحظ ان

$$\cos\theta=\frac{a}{R}$$

$$\cos\theta=\frac{a}{\sqrt{r^2+a^2}}=\frac{a}{(r^2+a^2)^{1/2}}\ \ldots..26$$



$$B_x=\frac{\mu_0\,i}{4\pi}\oint\frac{dl\frac{a}{(r^2+a^2)^{1/2}}}{r^2+a^2}\quad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 27$$

$$B_x=\frac{\mu_0\,i}{4\pi}\oint\frac{a\,dl}{(r^2+a^2)(r^2+a^2)^{1/2}}\quad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 28$$

$$B_x=\frac{\mu_0\,i\,a}{4\pi(r^2+a^2)^{3/2}}\oint dl\quad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 29$$

$$B_x=\frac{\mu_0\,i\,a}{4\pi(r^2+a^2)^{\frac{3}{2}}}(2\pi a)\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 30$$

$$B_x=\frac{\mu_0\,i\,a^2}{2(r^2+a^2)^{\frac{3}{2}}}\quad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 31$$

حالة خاصة:

ولايجاد المجال المغناطيسي عند مركز الحلقة ستكون قيمة r مساوية الى الصفر لذلك ستكون العلاقة

$$B=\frac{\mu_o i}{2\,a} \quad (r=0) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 32$$

حالة خاصة

عندما تقع النقطة p عند مسافة بعيدة جدا عن الحلقة ستكون

r >>>> a so

يمكن اهمال قيمة a

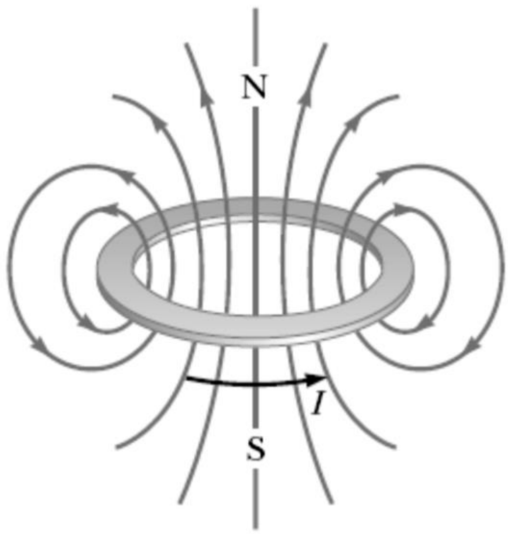
$a \approx 0$ so

$$B=\frac{\mu_o i\,a^2}{2\,r^3} \qquad (r >> a) \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 33$$

حالة خاصة:

إذا كان لدينا عدد من اللفات وليس لفة واحدة بحيث إن عدد اللفات هو N فالعلاقة 11b يمكن كتابتها على النحو الأتي

$$B=\frac{N\,\mu_o i\,a^2}{2\,(a^2+r^2)^{3/2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 34$$



٤-اشتقاق المجال المغناطيس على محور ملف حلزوني (أسطوانة) يسري فيها تيار كهربائي

اما بالنسبة لحالة الملف اللولبي عدد لفاتها N ونصف قطرها a وطولها L بحيث يوجد محورها على الاحداثي السيني. عندما تكون النقطة التجريبية p واقعة في مركز الاسطوانه. عند اخذ مقطع صغير من هذه الأسطوانة وليكن dx فان عدد اللفات لوحدة الطول ستكون

$n = \frac{N}{L} \rightarrow N = n\,dx$ ……………………… 35

$B = \frac{N\,\mu_o i\,a^2}{2\,(a^2 + r^2)^{3/2}}$ …………………………..34a

by submit eq 35 in 34

$dB = \frac{(ndx)\mu_o i\,a^2}{2\,(a^2 + r^2)^{3/2}}$ ………………………… 34b

a= radius of solenoid نصف قطر الاسطوانه او الملف الحلزوني

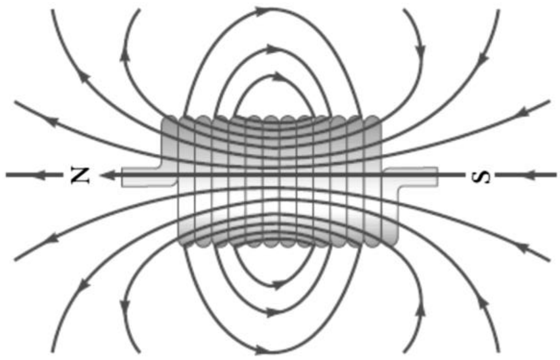
r = بعد النقطة الجريبية عن مركز الاسطوانه او الملف الحلزوني

n=عدد لفات الاسطوانه بوحدة الطول

dx= مقطع طولي

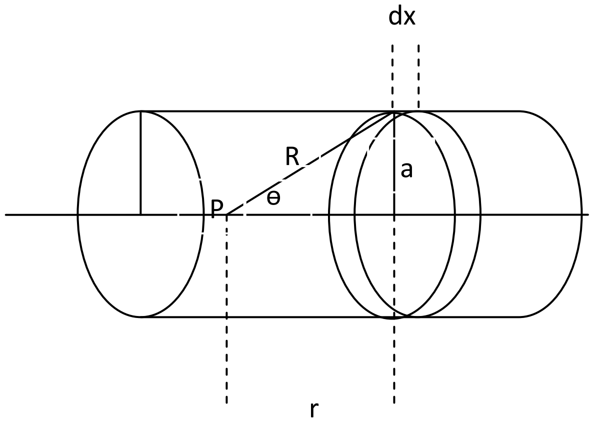
N = ndx =عدد لفات الأسطوانة او الملف الحزوني

ومن الشكل وحسب قانون فيثاغورس ان



$R^2 = a^2 + r^2$………………… **a**

By submit eq **a** in 34b

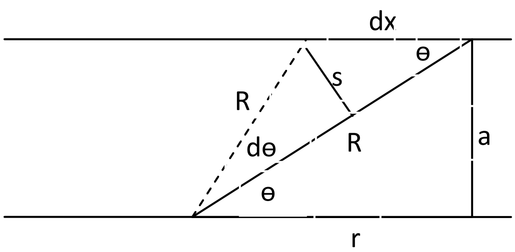


$dB = \frac{(ndx)\mu_o i\,a^2}{2\,(R^2)^{3/2}}$

$dB = \frac{(ndx)\mu_o i\,a^2}{2\,R^3}$ ………………..36

$dB = \frac{\mu_o i\,n\,a^2}{2\,R^3} dx$

في الشكل الثاني تم تكبير المقطع dxالى اكبر ومنه نجد



$d\theta = \frac{s}{R} \rightarrow s = R\,d\theta$ ………………..37 and also

$\sin\theta = \frac{s}{dx} \rightarrow s = dx\,\sin\theta$ ………..38

By submit eq 37 in 38

$R\,d\theta = dx \sin\theta$ …….39 , $dx = \frac{R\,d\theta}{\sin\theta}$ …………40

By submit 40 in 36

$$dB = \frac{\mu_o i\, n\, a^2}{2\, R^3}\frac{R\, d\theta}{\sin\theta} = \frac{\mu_o i\, n\, a^2}{2\, R^2}\frac{d\theta}{\sin\theta}$$

$$dB = \frac{\mu_o i\, n\, a^2}{2\, R^2}\frac{d\theta}{\sin\theta} \quad \text{………..41}$$

From figure 2

$$\sin\theta = \frac{a}{R} \rightarrow \sin^2\theta = \frac{a^2}{R^2} \quad \text{…………………42}$$

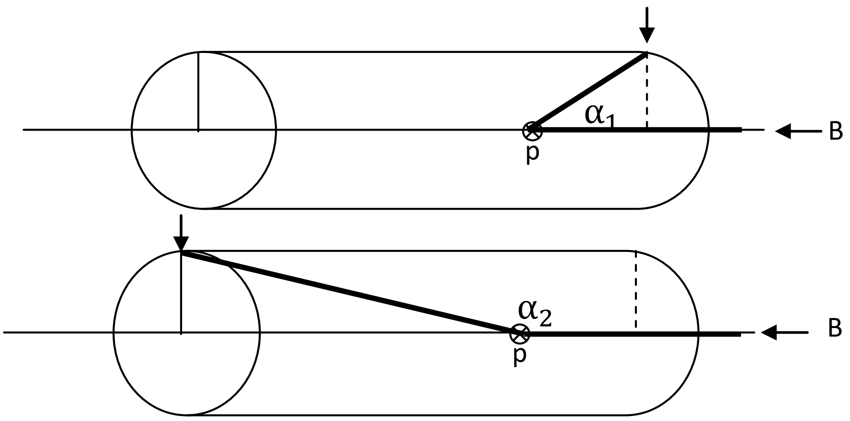
by submit 9c in 8c

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_o i\, n \sin^2\theta}{2}\frac{d\theta}{\sin\theta} = \frac{\mu_o i\, n}{2}\sin\theta\, d\theta$$

$$B = \frac{\mu_o i\, n}{2}\int_{\alpha_1}^{\alpha_2}\sin\theta\, d\theta = \frac{\mu_o i\, n}{2}\,[-\cos\theta]_{\alpha_1}^{\alpha_2}$$

$$\boxed{B = = \frac{\mu_o i\, n}{2}\,(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)} \quad \text{………………………43}$$

ان المعادلة الأخيرة هي علاقة حساب المجال المغناطيسي على محور ملف حلزوني اسطواني solenoid سواء في داخله او خارجه



حالة خاصة:

عندما يكون الملف طويلا جدا وبذلك تقترب الزاوية الأولى من الصفر بينما تكون قيمة الزاوية الثانية ١٨٠ درجة أي ان

$\cos\alpha_1 = \cos 0 = 1$ ………….. *

$\cos\alpha_2 = \cos 180 = -1$ ………….. **

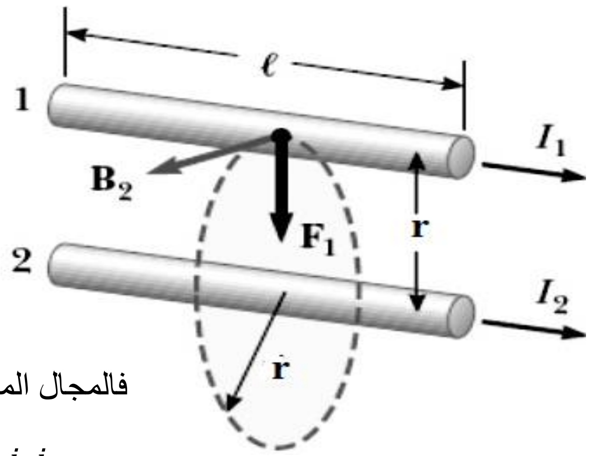
By submit eq * and ** in 43

$$B = \frac{\mu_o i\, n}{2}\,(1 - (-1))$$

$B = n\, \mu_o i$ …………………….. 44

٥- اشتقاق المجال المغناطيسي والقوة المغناطيسية الناشئة بين سلكين يسري فيهما تيار كهربائي

توجد قوة مغناطيسية بين أي موصلين يسري خلالهما تيار كهربائي



From eq 16

$B = \frac{\mu_o i}{2\pi r}$ ………… 16

$B_1 = \frac{\mu_o i_1}{2\pi r}$ and $B_2 = \frac{\mu_o i_2}{2\pi r}$ …………… 45

حيث ان r هي المسافة بين سلكين

فالمجال المغناطيسي المتولد من السلك الأول يؤثر على السلك الثاني وبالعكس

$F_2 = i_2 B_1 L$ …… $F_2 = i_2 \frac{\mu_o i_1}{2\pi r} L$ ………… $F_2 = \frac{\mu_o i_1 i_2}{2\pi r} L$ ……………. 46

$F_1 = i_1 B_2 L$ ……. $F_1 = i_1 \frac{\mu_o i_2}{2\pi r} L$ ……….. $F_1 = \frac{\mu_o i_1 i_2}{2\pi r} L$ ……………… 47

ان العلاقتين 46 and 47 هي القوة المؤثرة من قبل السلك الأول على السلك الثاني والقوة المؤثرة من قبل السلك الثاني على السلك الأول. امل لايجاد القوة المؤثر على وحدة الطول f أي القوة المؤثرة على جزء صغير من السلك هي

$f = \frac{F}{L}$ ……so …. $f_1 = \frac{F_1}{L}$ ………. and….. $f_2 = \frac{F_2}{L}$ ………… 48

تستخدم القوة بين سلكين متوازيين لتعريف الأمبير كالأتي: —

عندما يكون مقدار القوة لوحدة الأطوال بين سلكين طويلين متوازيين يحملان تياراً متساوياً وتفصلهما مسافة 1m يساوي 2×10^{-7} يكون التيار في كل من السلكين مقداره 1A

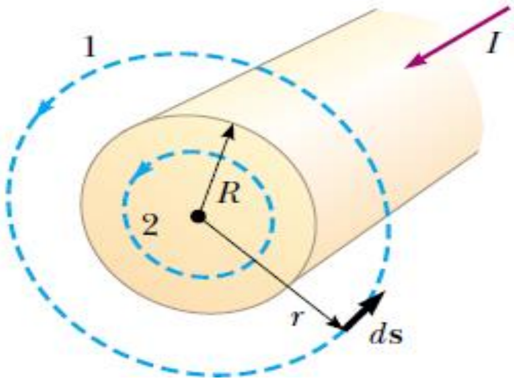
ثانيا: قانون امبير Ampere’s Law

1- المجال المغناطيسي حول موصل (سلك) رفيع ومستقيم يسري فيه تيار كهربائي باستخدام قانون امبير

المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد مسافة r عن مركزسلك طويل مستقيم نصف قطره R يحمل تيار ثابت Io ومنتظما خلال مساحة مقطع سلك

-عندما تكون المسافة $r \geq R$ (خارج السلك)

المنطقة $r \geq R$ ستعتبر المسار ١ كما في الشكل ومن التماثل يجب إن تعتبر B ثابتة المقدار وموازية لاتجاه dl عند كل نقطة من هذه الدائرة ولان التيار الكلي المار خلال مستوي الدائرة هو I_o فان قانون امبير يعطى بالعلاقة ٤٩



$$\oint Bds = \mu_o I_o \quad ....49$$

$$B\oint ds = \mu_o I_o \quad ....50$$

$$B(2\pi r) = \mu_o I_o \quad ....51$$

$$B = \frac{\mu_o I_o}{2\pi r} \quad .... 52$$

لاحظ ان العلاقة ٥٢ تطابق العلاقة ١٦

-عندما تكون المسافة $r < R$ (داخل السلك)

المنطقة $r < R$ ستعتبر المسار 2 كما في الشكل

$$B\oint ds = \mu_o I \quad ....50$$

$$B(2\pi r) = \mu_o I ....53$$

بما إن نسبة التيار على السلك إلى داخل السلك كنسبة مساحة مقطع السلك داخل السلك إلى سطحه إذن:

$$\frac{I}{I_o} = \frac{\pi r^2}{\pi R^2} \quad ...., \quad I=\frac{r^2}{R^2} I_o \quad ....54$$

By submit eq 54 * in 53

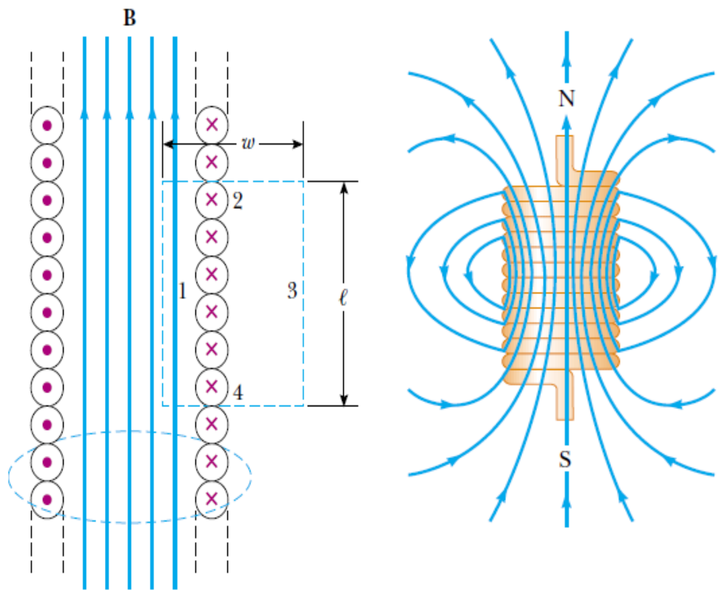
$$B(2\pi r) = \mu_o (\frac{r^2}{R^2}) I_o \quad ....55$$

$$B = \frac{\mu_o r I_o}{2\pi R^2} \quad ....56$$

2- المجال المغناطيس محور أسطوانة يسري فيها تيار كهربائي باستخدام قانون امبير

تطبيق قانون امبير للحصول على معادلة المجال المغناطيسي داخل ملف حلزوني solenoid . الشكل يوضح مقطع من ملف سولنويد يحمل تيار I ان المجال المغناطيسي داخل فراغ الملف يكون منتظم وموازي للمحور بينما يكون المجال المغناطيسي خارج الملف يساوي صفر.

افرض مسطيلا طوله l وعرضه w كما في الشكل. ان تطبيق قانون امبير على هذا المسار وحل التكامل سيكون لكل ضلع على حده.



$B_2 = 0$

$B_3 = 0$

$B_4 = 0$

$\oint Bdl = \mu_o i$ ……………..49

$\int_1 B.dl = \mu_o i$ …………….57

$B\int_1 dl = \mu_o i$ …………….58

$Bl = \mu_o i$ …………………..59

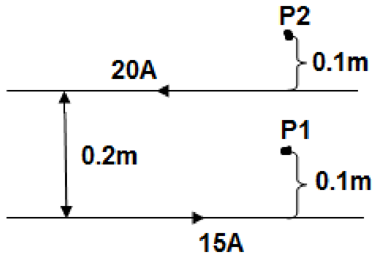
$Bl = \mu_o iN$ ………………...60

ولعدد من اللفات يكون

$Bl = \mu_o inl$ ……………..61

$B = \mu_o in$ ………………..62

مثال١:سلكان طويلان متوازيان المسافة بينهما **0.2 m** يحمل احدهما تيارا قدره **20Am** والأخر **15Am** كما في الرسم. احسب المجال المغناطيسي عند النقطتين **P1, P2** ؟



مثال٢: يمر تيار كهربائي I في سلك رفيع وطويل نتج عنه مجال مغناطيسي قيمة 10^{-4}T عند نقطة تبعد 5m من منتصف السلك:

١- ما قيمة هذا التيار.
٢- بقيمة التيار نفسها الواردة في الفقرة (1) ماذا تكون قيمة المجال المغناطيسي عند النقطتين 0.1m و 0.2m
٣- اذا كانت قيمة التيار 10A ما هو بعد النقطة التي يكون عندها المجال المغناطيسي 10^{-4}Wb/m^2

مثال ٣: سلكان طويلان ومتوازيان يمر بكل منهما تيار قيمته I فاذا كانت المسافة بينهما 2a احسب المجال المغناطيسي B في منتصف المسافة بينهما في الحالات التالية:

١-للتيارين الاتجاه نفسه . ٢- التياران متعاكسان في الاتجاه. ٣- السلكان متعامدان
٤-السلكان متعامدان وقيمة التيارين مختلفتان I_1 و I_2

مثال٤: ملف دائري عدد لفاته 200 لفة ومتوسط نصف قطره 20cm ويمر به تيار كهربائي قيمة 3.5A احسب:

١- المجال المغناطيسي في مركز الملف
٢- المجال المغناطيسي على بعد 8cm من مركز الملف.

مثال٥: يمر تيار كما في الشكل التالي فينتج عنه مجال مغناطيسي عند P في مركز القوس. فاذا كانت الزاوية التي يصنعها القوس هي 30^o ونصف قطرة 0.6m . ما مقدار واتجاه المجال الناشئ عند P اذا كان التيار 3A.

ملاحظة: الزاوية بالنصف القطرية تكون كالأتي:

$$x = \frac{2\pi}{360} \times \theta$$