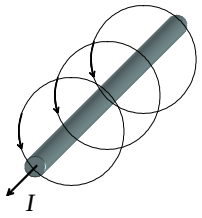
مختصری از تئوری آزمایش:

طبق قانون بیوساوار جزء میدان مغناطیسي ناشي از عنصر طولي جريان ($d\vec{l}$) در نقطه P از رابطه زير بدست مي‌آيد:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}.\frac{d\vec{l}}{r^2}\times\frac{\vec{r}}{r} \qquad (۱.۱)$$

که در رابطه فوق $\vec{r}$ برداري است که جزء جريان را به نقطه مشاهده (P) وصل مي‌کند و $\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\left(H/m\right)$ نفوذ پـذيري مغناطيسي خلا است. واضح است که جهت بردار $d\vec{B}$ عمود بر صفحه $d\vec{l}$ و $\vec{r}$ است.

براي بدست آوردن ميدان کل، بايد از رابطه فـوق روي تمـام طـول سـيم حامـل جريـان انتگرال گرفت. و جواب را فقط در حالتهايي که مساله داراي تقارن کافي باشد، ميتوان بصورت بـسته محاسبه کرد.

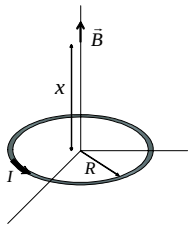


مثلا اندازه ميدان حاصل از يك سيم بلند حامل جريان از رابطه زير بدست مي‌آيد:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{2I}{r} \qquad (۲.۱)$$

و جهت آن بصورت حلقه‌هاي به مرکز سيم است.

ميدان ناشي از يك حلقه جريان I روي محور آن از رابطه زير بدست مي‌آيد:



$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{2\pi R^2}{\left(R^2+x^2\right)^{\frac{3}{2}}} \qquad (۳.۱)$$

که در رابطه فوق R شعاع حلقه و x فاصله از مرکز حلقه روي محور آن است.

براي محاسبه ميدان يك سيم‌لوله، از قانون آمپر استفاده مي‌کنيم. اگر سيم‌لوله بـه حـد کافي طويل باشد، ميدان در درون آن موازي محورش و در خلاف جهت ميدان در خارج آن خواهد بود. و داريم:

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I \qquad (۴.۱)$$

که L طول سيم‌لوله و N تعداد حلقه‌هاي آن است.

آزمایش اول – میدان حاصل از جریان در یک سیم مستقیم و طویل : باند اپتيك را بطور افقي روي پايه وصل مي‌کنيم و سيم بلند و طويل را بطور افقي روي نگه‌دارنده نصب مي‌کنيم. سپس دو سر سيم را به منبع تغذيه مي‌بنديم. حس‌گر تسلامتر را با کابل مربوطـه بـه تسلامتر وصل کرده و نوك آنرا در وسط سيم روي محور آن قرار مي‌دهيم. حس‌گر براساس اثر هال کار مي‌کند. بنـابراين قبـل از قـرار دادن آن در کنار سيم، بايد آنرا در سوراخ مربوطه روي تسلامتر قرار دهيم و با زدن دکمه set، کنتور تسلامتر را صفر کرده و هرگونه پسماند را در حس‌گر از بين ببريم.

منبع جريان را روشن کرده و جريان را از صفر تا ۱۰ آمپر، ۱ آمپر ۱ آمپر افزايش مي‌دهيم و تغييرات ميدان مغناطيسي برحـسب جريـان را بررسي مي‌کنيم:

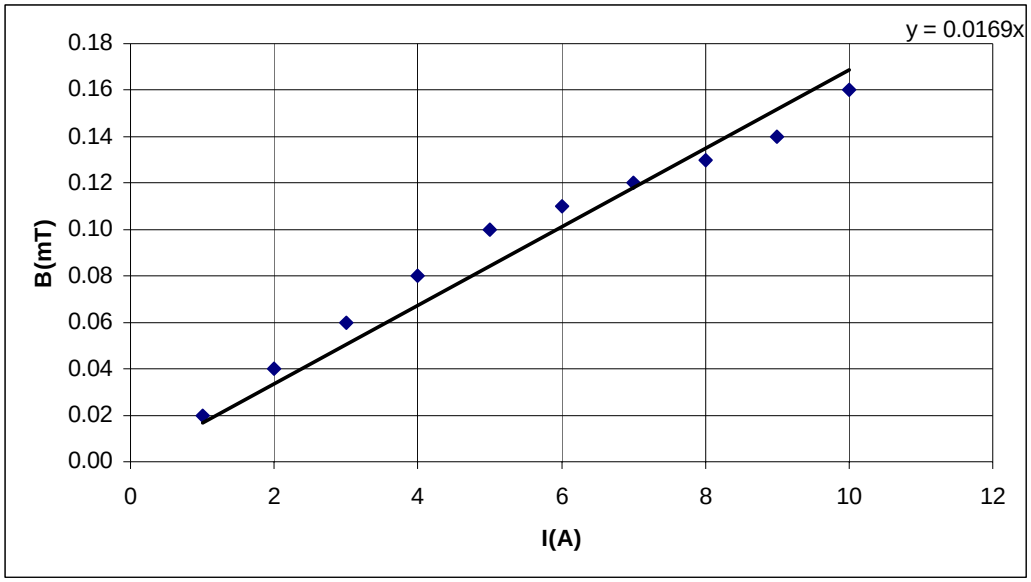
$I(A)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$B(mT)$	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16

$$\left.\begin{aligned}\left[XX\right] &= 385A^2\\ \left[XY\right] &= 6.5mAT\end{aligned}\right\}\Rightarrow a = \frac{\left[XY\right]}{\left[XX\right]} = 0.0169\,{}^{mT}\!/_{A}$$

$$a = \frac{\mu_0}{2\pi r}, r = 3mm \Rightarrow \mu_0 = 2\pi r a = 2\pi\times3\times10^{-3}\times0.0.169\times10^{-3}\Rightarrow$$

$$\mu_0 = 3.182\times10^{-7}\left(H/m\right)$$

و نمودار تغییرات B بر حسب I چنین است:



آزمایش دوم – میدان ناشی از جریان حلقوی: بجاي ميله رسانا، حلقه رسانا را قرار مي‌دهيم و دوسر آنرا به منبع جريان وصل مي‌كنيم.

الف) ميدان بصورت تابعي از جريان: ابتدا كنتور تسلامتر را صفر مي‌كنيم. سپس حس‌گر آنرا طوري قرار مي‌دهيم كه نوك آن درست در مركز حلقه قرار گيرد. منبع را روشن كرده و جريان را مانند آزمايش قبل از صفر تا ۱۰ آمپر (در هر مرحله ۱ آمپر) افزايش مي‌دهيم. تغييرات ميدان برحسب جريان را يادداشت مي‌كنيم:

$I(A)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$B(mT)$	0.00	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15

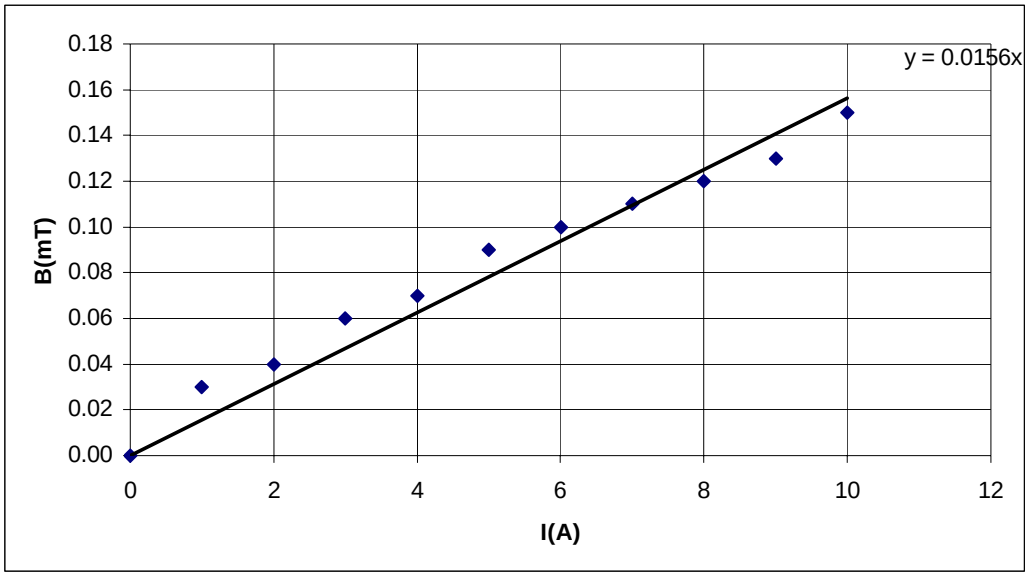
$$\left.\begin{aligned}\left[XX\right]&=385A^2\\ \left[XY\right]&=6.02mAT\end{aligned}\right\}\Rightarrow a=\frac{\left[XY\right]}{\left[XX\right]}=0.0156\,{}^{mT}\!/_{A}$$

$$B=\frac{\mu_0}{2}\frac{IR^2}{\left(R^2+x^2\right)^{3/2}}\bigg|_{x=0}=\frac{\mu_0}{2}\frac{I}{R}\Rightarrow \mu_0=2aR, R=4cm$$

$$\Rightarrow \mu_0=2\times0.0156\times10^{-3}\times4\times10^{-2}\Rightarrow$$

$$\mu_0=1.251\times10^{-6}\left(H/m\right)$$

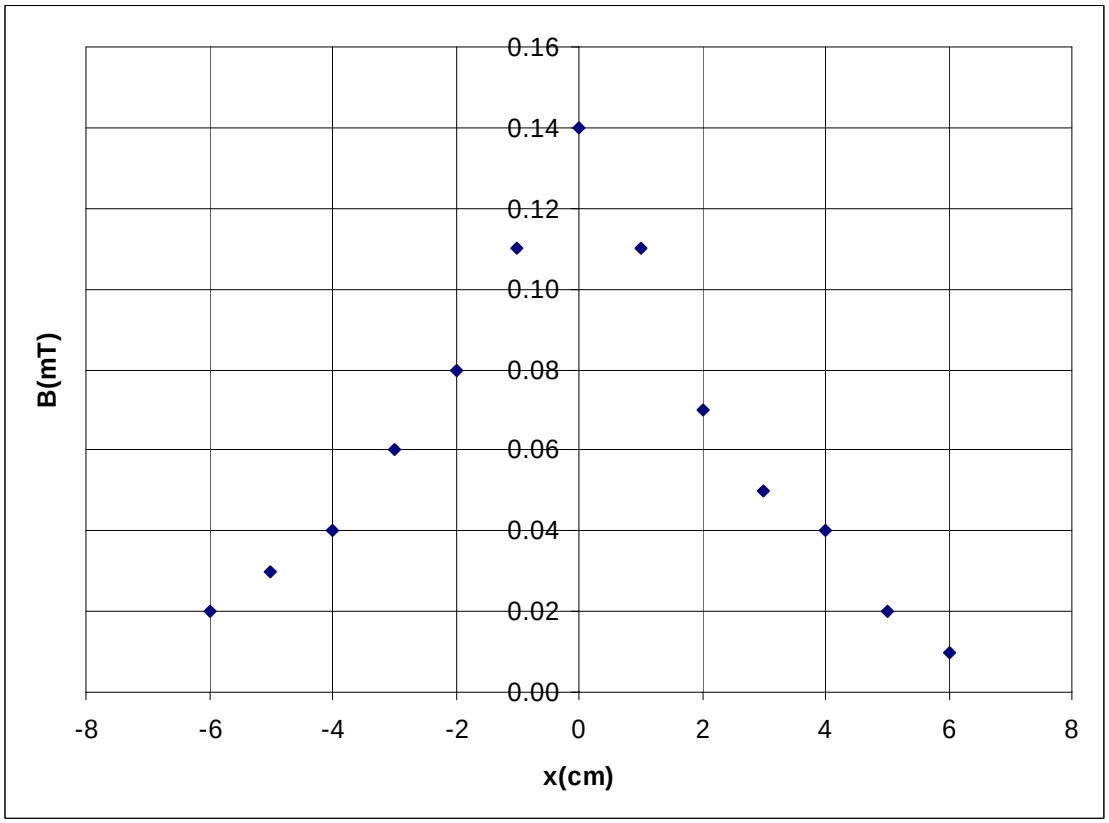
و نمودار تغییرات B بر حسب I چنین است:



ب) میدان بصورت تابعي از فاصله از مرکز حلقه: جریان را برابر ۱۰ آمپر قرار می‌دهیم و موقعیت حسگر را از فاصله $-6cm$ تا $+6cm$ مرکز حلقه، ۱-سانتیمتر ۱-سانتیمتر تغییر می‌دهیم و تغییرات میدان برحسب فاصله را ثبت می‌کنیم:

$x(cm)$	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
$B(mT)$	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08	0.11	0.14	0.11	0.07	0.05	0.04	0.02	0.01

نمودار تغییرات B برحسب x چنین است:



آزمایش سوم – میدان حاصل از جریان سیم‌لوله: سيم‌لوله را روي پايه سوار مي‌كنيم و حس‌گـر تـسلامتـر را (بعـد از صـفر كردن كنتور) درست روي محور سيم لوله و در وسط آن قرار مي‌دهيم. منبع جريان را روشن كرده و از صفر تا ۱۰ آمپـر (هـر بـار ۱ آمپـر) جريـان را افزايش داده، تغييرات ميدان را بررسي و ثبت مي‌كنيم:

$I(A)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$B(mT)$	0.00	0.12	0.21	0.31	0.41	0.50	0.60	0.71	0.81	0.91	1.01

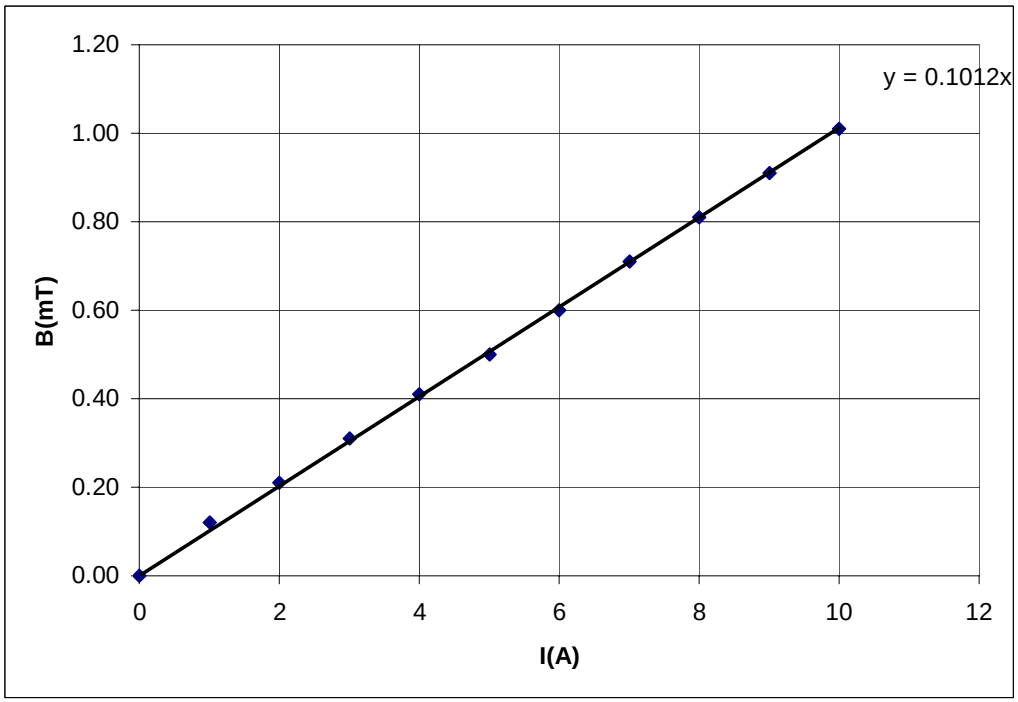
$$\left.\begin{aligned}[XX]&=385A^2\\ [XY]&=38.95mAT\end{aligned}\right\}\Rightarrow a=\frac{[XY]}{[XX]}=0.101\,{}^{mT}\!/_{A}$$

$$B=\mu_0\frac{N}{L}I\Rightarrow\mu_0=\frac{aL}{N},L=40cm,N=30$$

$$\Rightarrow\mu_0=\frac{0.101\times10^{-3}\times40\times10^{-2}}{30}\Rightarrow$$

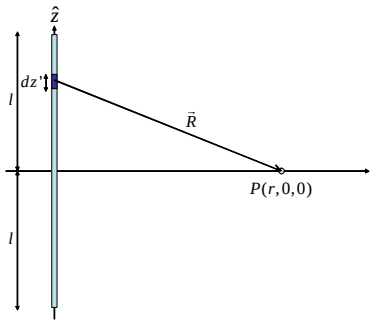
$$\boxed{\mu_0=1.349\times10^{-6}\left(H/m\right)}$$

و نمودار تغييرات B بر حسب I چنين است:



خواسته ۳- بدست آوردن روابط (۲.۱) **و** (۳.۱) **با انتگرال‌گیری مستقیم:**

الف) ميدان يك سيم مستقيم: ابتدا ميـدان ناشـي از پيكـربنـدي مطـابق شكل مقابل را پيدا مي‌كنيم سپس طول سيم (l) را به بي‌نهايت ميل مي‌دهيم:

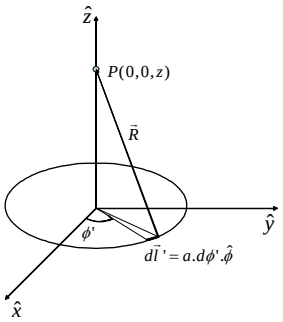


$$d\vec{B}^* = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\left(\frac{d\vec{l}'\times\vec{R}}{R^3}\right) = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\left(\frac{\hat{z}.dz'\times\left(r.\hat{r}+z'.\hat{z}\right)}{\left(z'^2+r^2\right)^{3/2}}\right) = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\left(\frac{r.dz'.\hat{\phi}}{\left(z'^2+r^2\right)^{3/2}}\right)$$

$$\vec{B}^* = \int d\vec{B}^* = \int_{z'=-l}^{z'=l} \frac{\mu_0 I}{4\pi}\left(\frac{r.dz'.\hat{\phi}}{\left(z'^2+r^2\right)^{3/2}}\right) = \frac{\mu_0 I.l}{2\pi r\sqrt{l^2+r^2}}$$

$$\boxed{\vec{B} = \lim_{l\to\infty}\frac{\mu_0 I.l}{2\pi r\sqrt{l^2+r^2}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}}$$

ب) میدان یك حلقه:



$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int_{\phi'=0}^{2\pi}\frac{a.d\phi'.\hat{\phi}\times\left(z.\hat{z}-a.\hat{r}\right)}{\left(z^2+a^2\right)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int_{\phi'=0}^{2\pi}\frac{a.z.d\phi'.\hat{r}-a^2 d\phi'.\hat{z}}{\left(z^2+a^2\right)^{3/2}} \Rightarrow$$

$$\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0 I.a^2}{2\left(z^2+a^2\right)^{3/2}}}$$