磁场中的磁介质

1. 在磁介质内部 $\vec{B}=\mu_r\vec{B}_0$

顺磁质：$\vec{B}>\vec{B}_0 \Rightarrow \mu_r>1$，

抗磁质：$\vec{B}<\vec{B}_0 \Rightarrow \mu_r<1$，

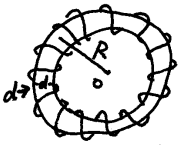
铁磁质：$\vec{B}\gg\vec{B}_0 \Rightarrow \mu_r\gg1$.

2. 细螺绕环要求：

环形螺线管的管直径 $d \ll R$（环半径）

可忽略螺线管内磁感强度的变化

作半径为 r 的圆周为安培回路



$$R-\frac{d}{2}<r<R+\frac{d}{2}$$

$$\oint \vec{B}_0\cdot d\vec{r}=\mu_0 NI$$

$$B_0\cdot 2\pi r=\mu_0 NI$$

$$B_0=\frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$$

由于 $d\ll R$，$r\approx R$

$$B_0=\frac{\mu_0 NI}{2\pi R}$$

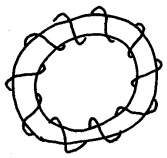
其中 $\frac{N}{2\pi R}=10(\text{匝})/\text{cm}$ 单位长度上的匝数

有磁介质时 $B=\mu_r B_0=\frac{\mu_r\mu_0 NI}{2\pi R}$

$$\mu_0=4\pi\times10^{-7}\ \text{T}\cdot\text{m}/\text{A}$$

$$\mu_r=\frac{2\pi R B}{\mu_0 NI}=\frac{1\ \text{T}}{4\pi\times10^{-7}\times1000\times2}=3.98\times10^2$$

3.



螺绕环内磁感线为同心圆.
作半径为r的圆周为安培回路L.

$$\oint \vec{H}\cdot d\vec{l} = NI$$

$$H\cdot 2\pi r = NI$$

$$H = \frac{NI}{2\pi r}$$

管内磁感强度 $B = \mu_r\mu_0 H = \frac{\mu_r\mu_0 NI}{2\pi r}$

4. 空间电流沿圆柱体和圆柱面均匀分布，空间磁感线是同轴的同心圆

在圆柱体内作半径为r的圆周为安培回路L，取逆时针为正方向.

$0<r<R_1$ $\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = \frac{I}{\pi R_1^2}\cdot \pi r^2$

$$H\cdot 2\pi r = \frac{I}{R_1^2} r^2$$

$$H = \frac{I}{2\pi R_1^2}\cdot r$$

5. 由于电流沿圆柱体和圆筒均匀分布，空间磁感线是同轴的同心圆.
作半径为r的圆周为安培回路L，取逆时针为正方向.

(1) $0<r<R_1$ $\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = \frac{I}{\pi R_1^2}\cdot \pi r^2$

$$H\cdot 2\pi r = \frac{I}{R_1^2}\cdot r^2$$

$$H = \frac{I}{2\pi R_1^2}\cdot r$$

(2) $R_1<r<R_2$ $\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = I$

$$H\cdot 2\pi r = I$$

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

(3) $R_2<r<R_3$ $\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = I - \frac{I}{\pi(R_3^2-R_2^2)}\cdot\pi(r^2-R_2^2)$

$H\cdot 2\pi r = I - \frac{I}{R_3^2-R_2^2}(r^2-R_2^2) = \frac{I}{R_3^2-R_2^2}(R_3^2-r^2)$

$H = \frac{I}{2\pi(R_3^2-R_2^2)}\left(\frac{R_3^2}{r}-r\right)$

(4) $r>R_3$ $\oint \vec{H}\cdot d\vec{l} = I - I = 0$

$H\cdot 2\pi r = 0$

$H = 0$

空间磁场强度 H 分布:

$$H=\begin{cases}\frac{I}{2\pi R_1^2}r & (0<r<R_1)\\ \frac{I}{2\pi r} & (R_1<r<R_2)\\ \frac{I}{2\pi(R_3^2-R_2^2)}\left(\frac{R_3^2}{r}-r\right) & (R_2<r<R_3)\\ 0 & (r>R_3)\end{cases}$$

$\vec{B}=\mu_r\mu_0\vec{H}$ 在导体和真空中 $\mu_r=1$, $\mu=\mu_0$

磁介质 $\mu_r\mu_0=\mu$

$$B=\begin{cases}\frac{\mu_0 I}{2\pi R_1^2}r & (0<r<R_1)\\ \frac{\mu I}{2\pi r} & (R_1<r<R_2)\\ \frac{\mu_0 I}{2\pi(R_3^2-R_2^2)}\left(\frac{R_3^2}{r}-r\right) & (R_2<r<R_3)\\ 0 & (r>R_3)\end{cases}$$

6. (1) 螺绕环内磁感线为同心圆：

在管内作半径为 r 的圆周为安培回路 L，

$R_1 < r < R_2$，$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = NI$

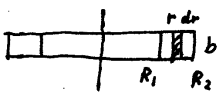
$$H \cdot 2\pi r = NI$$

$$H = \frac{NI}{2\pi r}$$

磁介质磁导率为 μ，

管内磁感应强度 $B = \mu H = \frac{\mu NI}{2\pi r}$

磁介质截面是矩形：



在截面中取小矩形条：在 r 处取宽为 dr，高为 b 的矩形条，并设法线正方向与 $\vec{B}$ 相同：

$$\Phi_m = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int B\,dS = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu NI}{2\pi r} b\,dr$$

$$= \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu NI}{2\pi r} b\,dr = \frac{\mu NIb}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1}.$$

(2) 密绕螺绕环不磁场只分布在管内，管外 $r < R_1$ 和 $r > R_2$ 处 $H = 0$.

