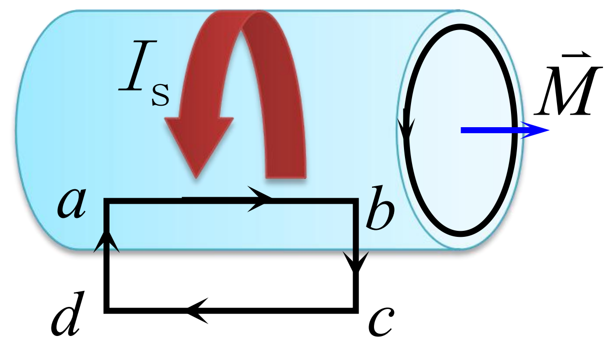
18.2 磁介质中的安培环路定理

➢有磁介质存在时的高斯定理



$$\oint_S \vec{B}\cdot\mathbf{d}\vec{S} = \oint_S (\vec{B}_0 + \vec{B}')\cdot\mathbf{d}\vec{S} = 0$$

➢有磁介质存在时的安培环路定理 $\oint_L \vec{H}\cdot\mathbf{d}\vec{l} = \sum I$

$$\oint_L \vec{B}\cdot\mathbf{d}\vec{l} = \mu_0\left(\sum I + \sum I_s\right) = \mu_0\left(\sum I + \oint_L \vec{M}\cdot\mathbf{d}\vec{l}\right)$$

$$\oint_L \left(\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}\right)\cdot\mathbf{d}\vec{l} = \sum I \qquad \oint_L \vec{M}\cdot\mathbf{d}\vec{l} = \sum I_s$$

□定义“磁场强度” $\vec{H} = \dfrac{\vec{B}}{\mu_o} - \vec{M}$

磁化率

实验表明：对于各向同性的磁介质

$$\vec{M} = \chi_{\mathrm{m}} \vec{H}$$ 系数χ_{m}称为“磁化率”

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \chi_{\mathrm{m}} \vec{H}$$

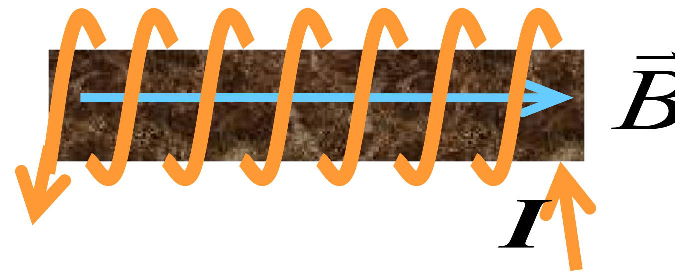
令：$\mu_{\mathrm{r}} = (1 + \chi_{\mathrm{m}})$ 称为磁介质的“相对磁导率”

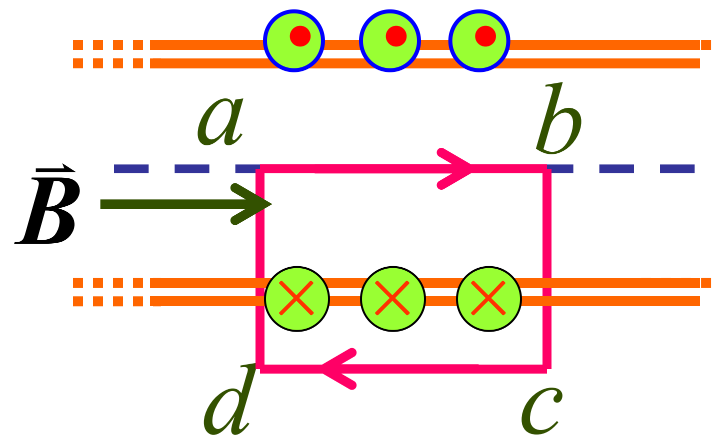
$$\vec{B} = \mu_0 (1 + \chi_{\mathrm{m}}) \vec{H} = \mu_0 \mu_{\mathrm{r}} \vec{H}$$

令：$\mu = \mu_0 \mu_{\mathrm{r}}$ 称为磁导率 $\vec{B} = \mu \vec{H}$

例题1

长直螺线管内充满均匀磁介质μ_r，单位长度上的匝数为n，通有电流I，求管内的磁感应强度。





解：

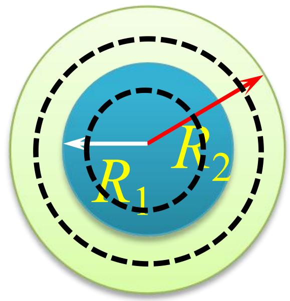
$$\oint_L \vec{H} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = \sum I$$

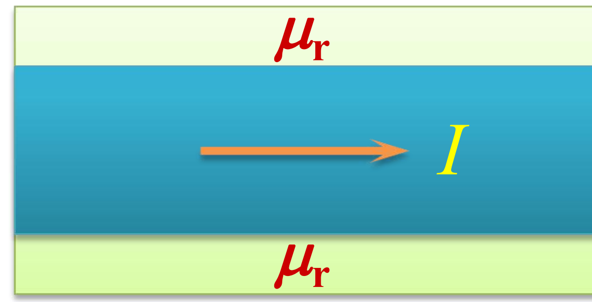
$$ab \cdot H = n \cdot ab \cdot I$$

则：$H = nI \qquad B = \mu_o \mu_r H = \mu n I$

例题2

一半径为R_1的无限长圆柱形直导线，外面包一层半径为R_2，相对磁导率为μ_r的圆筒形磁介质，通过导线的电流为I，求磁场强度和磁感应强度的分布。





解： $0 < r < R_1$

$$\oint_L \vec{H} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = 2\pi r H$$

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

$$B = \mu_0 H = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R_1^2}$$

$R_1 < r < R_2$

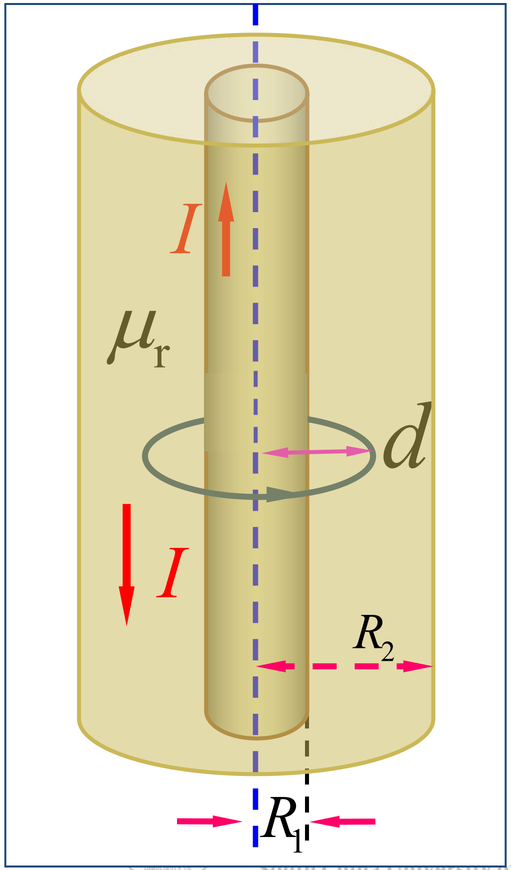
$$\oint_L \vec{H} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = 2\pi r H = I \qquad B = \mu_0 \mu_r H = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r}$$

$r > R_2$

$$\oint_L \vec{H} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = 2\pi r H = I \qquad B = \mu_0 H = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

例题 3

有两个半径分别为R_1和R_2的"无限长"同轴圆筒形导体，在它们之间充以相对磁导率为μ_r的磁介质。当两圆筒通有相反方向的电流I时，试求磁感强度。



解： $d < R_1,\quad I = 0,\quad B = 0$

$R_1 < d < R_2 \qquad \oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = I \qquad 2\pi d H = I$

$$B = \mu H = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi d}$$

$d > R_2 \qquad \oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = I - I = 0$

$2\pi d H = 0,\quad H = 0 \qquad B = \mu H = 0$