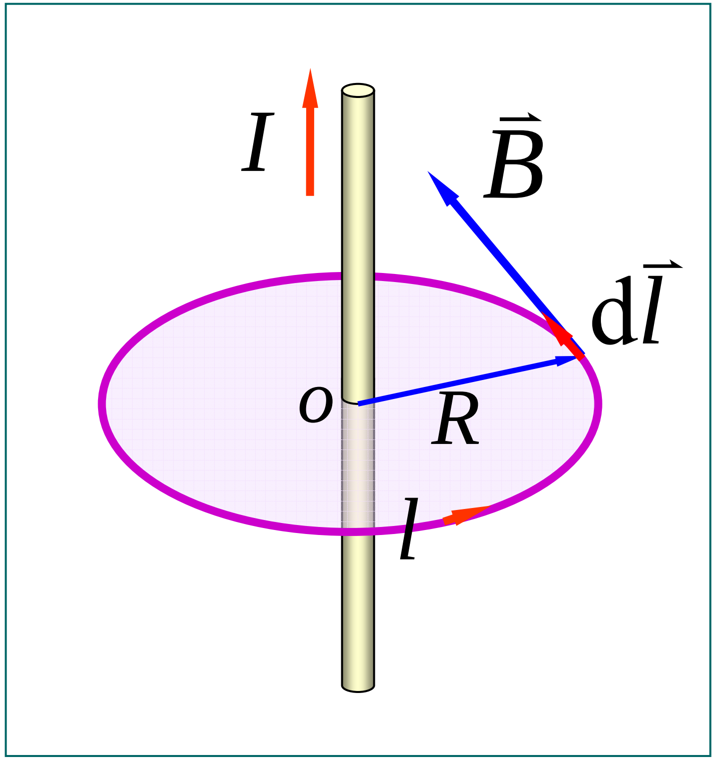
一 安培环路定理

载流长直导线的磁感强度为

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

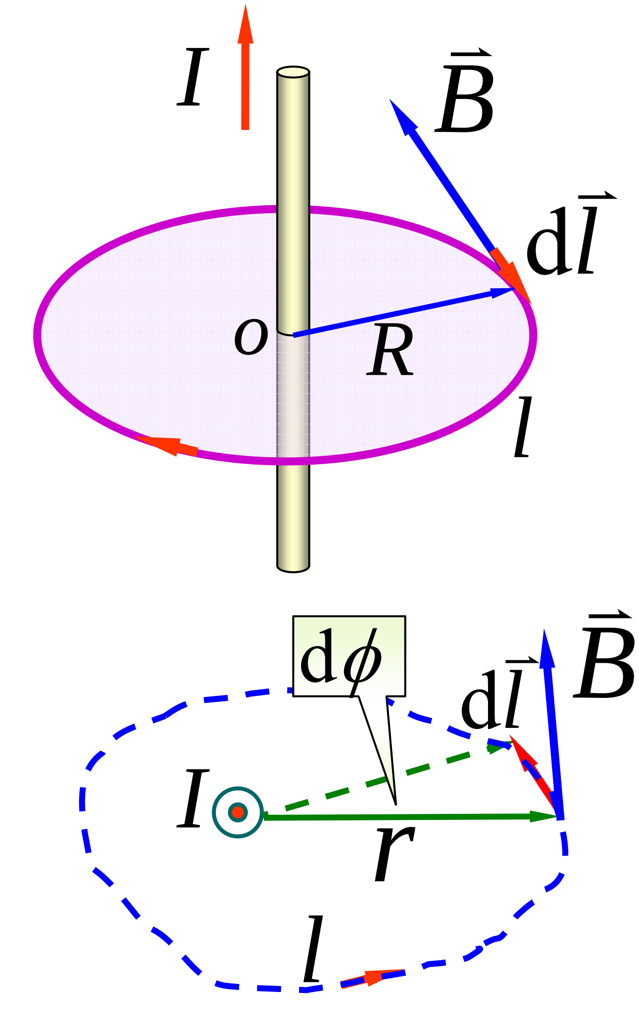


$$\oint_l \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=\oint\frac{\mu_0 I}{2\pi R}\mathrm{d}l$$

$$\oint_l \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=\frac{\mu_0 I}{2\pi R}\oint_l \mathrm{d}l$$

$$\oint_l \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=\mu_0 I$$

设闭合回路 l 为圆形回路（l 与 I 成右螺旋）



l 与 I 成右螺旋

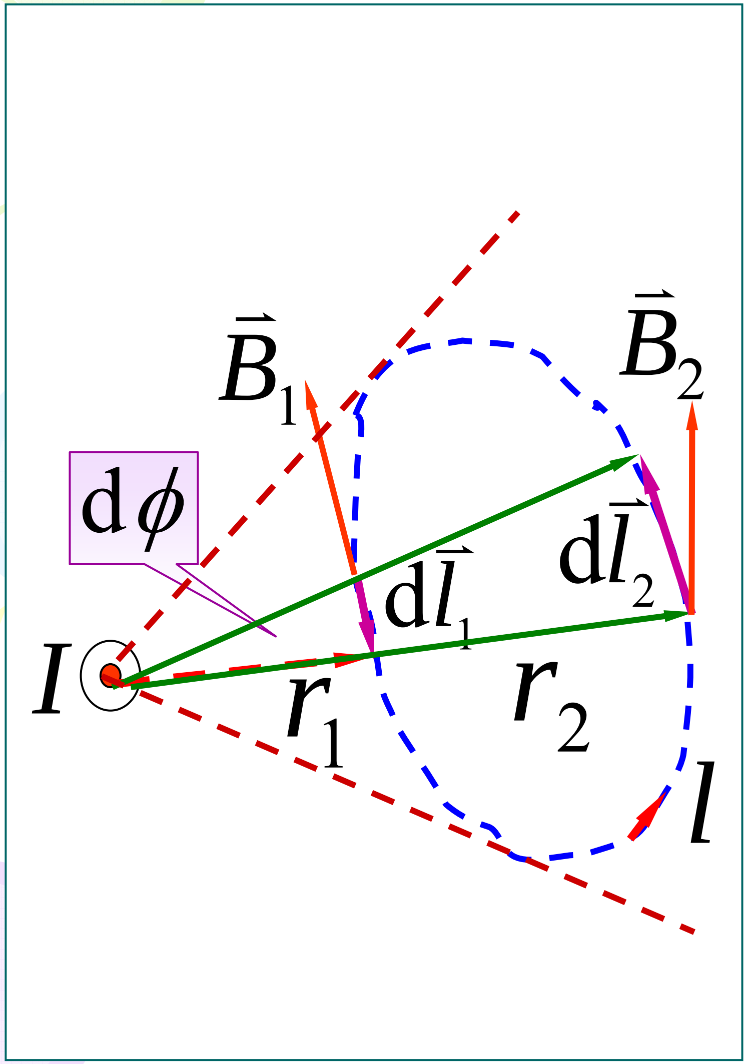
若回路绕向化为逆时针时，则

$$\oint_l \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l} = -\frac{\mu_0 I}{2\pi}\int_0^{2\pi}\mathrm{d}\phi = -\mu_0 I$$

对任意形状的回路

$$\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l} = \frac{\mu_0 I}{2\pi\, r} r\mathrm{d}\phi = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\mathrm{d}\phi$$

$$\oint_l \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 I$$



电流在回路之外

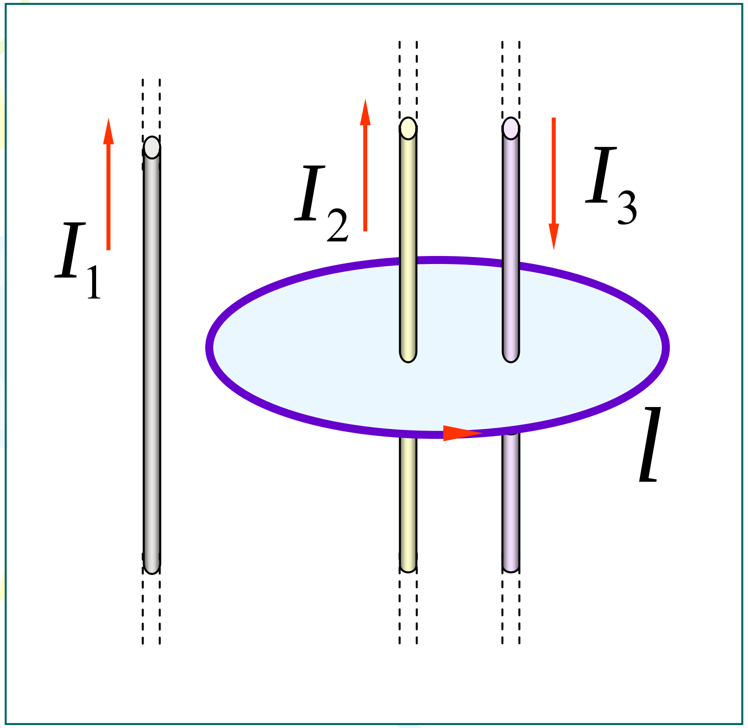
$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_1}, \quad B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_2}$$

$$\vec{B}_1 \cdot \mathrm{d}\vec{l}_1 = -\vec{B}_2 \cdot \mathrm{d}\vec{l}_2 = -\frac{\mu_0 I}{2\pi}\mathrm{d}\phi$$

$$\vec{B}_1 \cdot \mathrm{d}\vec{l}_1 + \vec{B}_2 \cdot \mathrm{d}\vec{l}_2 = 0$$

$$\oint_l \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = 0$$

多电流情况



$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$$

$$\oint_l \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 (I_2 - I_3)$$

以上结果对任意形状的闭合电流（伸向无限远的电流）均成立.

➢ 安培环路定理

$$\oint \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^{n} I_i$$

安培环路定理

$$\oint \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^{n} I_i$$

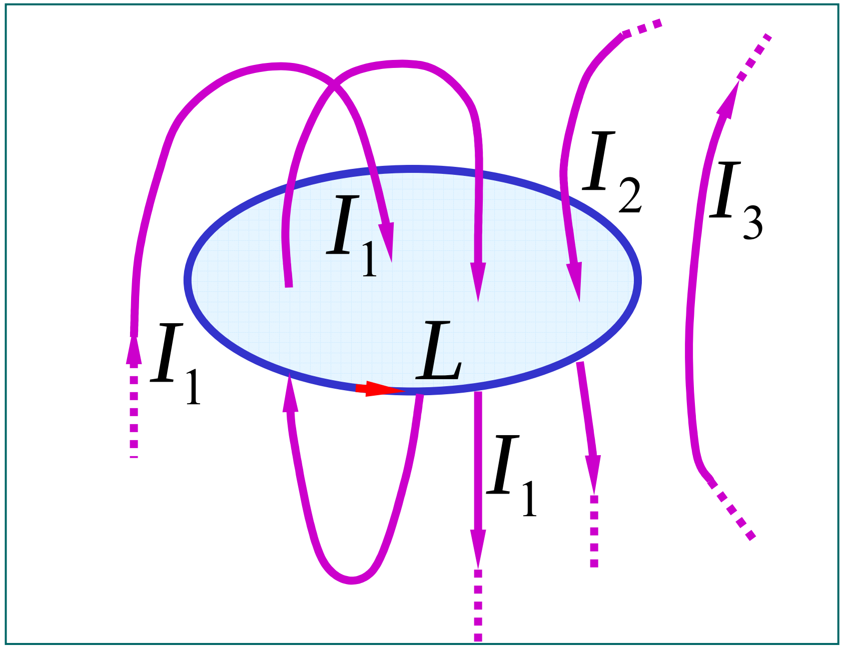
即在真空的稳恒磁场中，磁感应强度 $\vec{B}$ 沿任一闭合路径的积分的值，等于 μ_0 乘以该闭合路径所包围的各电流的代数和.

注意

电流 I 正负的规定：I 与 L 成右螺旋时，I 为正；反之为负.

$$\oint_L \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_0(-I_1 + I_1 - I_1 - I_2)$$

$$= -\mu_0(I_1 + I_2)$$

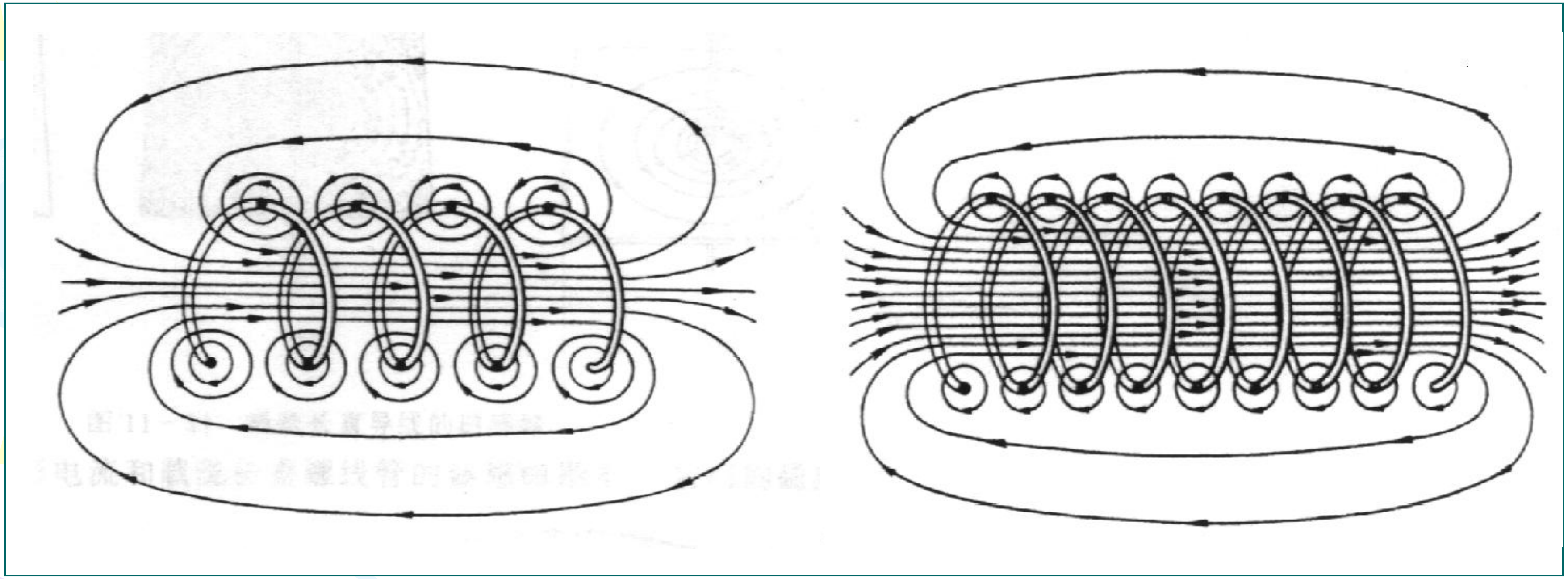


问 1）$\vec{B}$ 是否与回路 L 外电流有关？

2）若 $\oint_L \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = 0$，是否回路 L 上各处 $\vec{B} = 0$？是否回路 L 内无电流穿过？

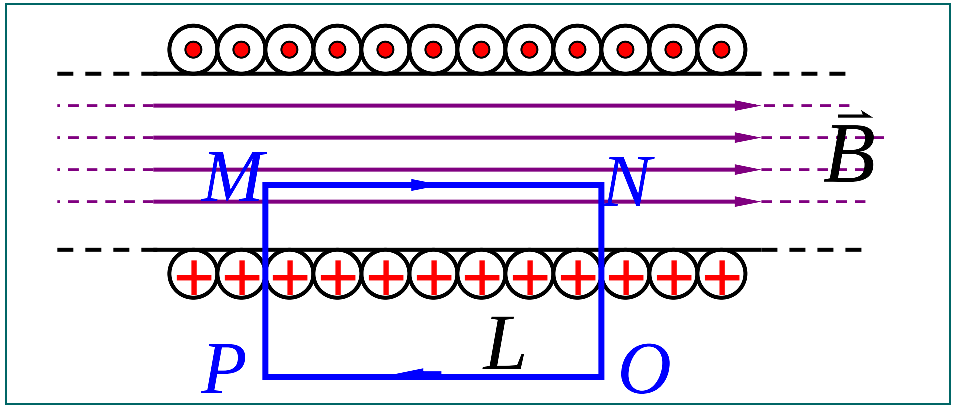
二 安培环路定理的应用举例

例1 求长直密绕螺线管内磁场



解 **1)** 对称性分析螺旋管内为均匀场，方向沿轴向，外部磁感强度趋于零，即 $B \cong 0$.

2) 选回路 L .



磁场 $\vec{B}$ 的方向与电流 I 成右螺旋.

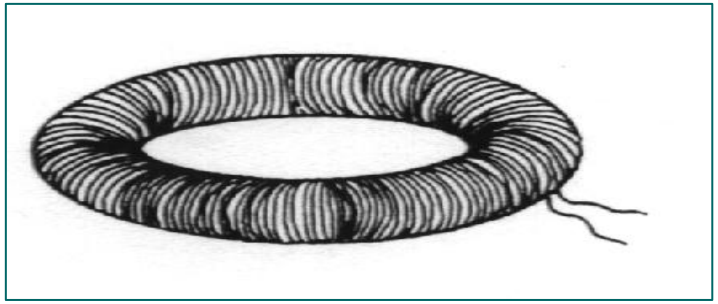
$$\oint_l \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l} = \int_{MN}\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l} + \cancel{\int_{NO}\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l}} + \cancel{\int_{OP}\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l}} + \cancel{\int_{PM}\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l}}$$

$$B\cdot\overline{MN} = \mu_0 n\overline{MN}\,I$$

$$\boxed{B = \mu_0 nI}$$

无限长载流螺线管内部磁场处处相等，外部磁场为零.

例2 求载流螺绕环内的磁场

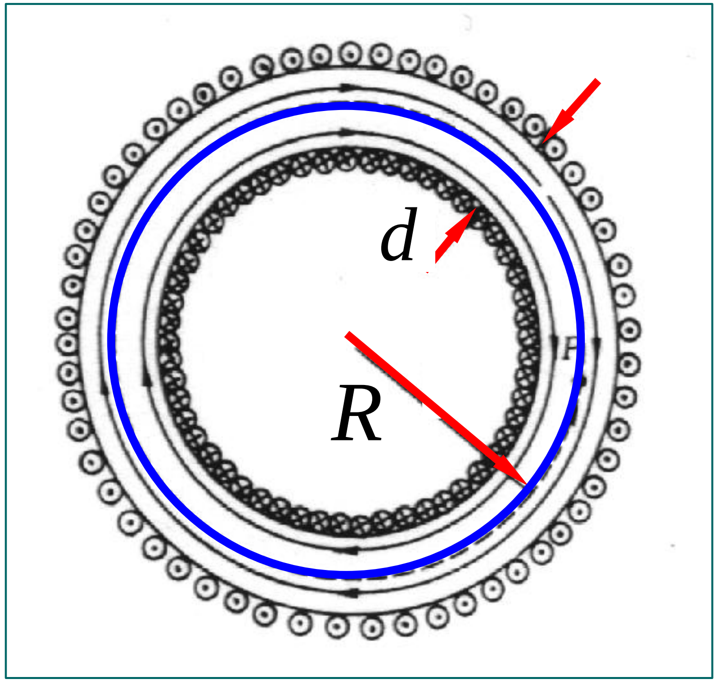


解 1） 对称性分析：环内 $\vec{B}$ 线为同心圆，环外 $\vec{B}$ 为零.

2）选回路 .

$$\oint_l \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = 2\pi RB = \mu_0 NI$$

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



令 $L = 2\pi R$ $\boxed{B = \mu_0 NI/L}$

当 $2R >> d$ 时，螺绕环内可视为均匀场 .

例3 无限长载流圆柱体的磁场

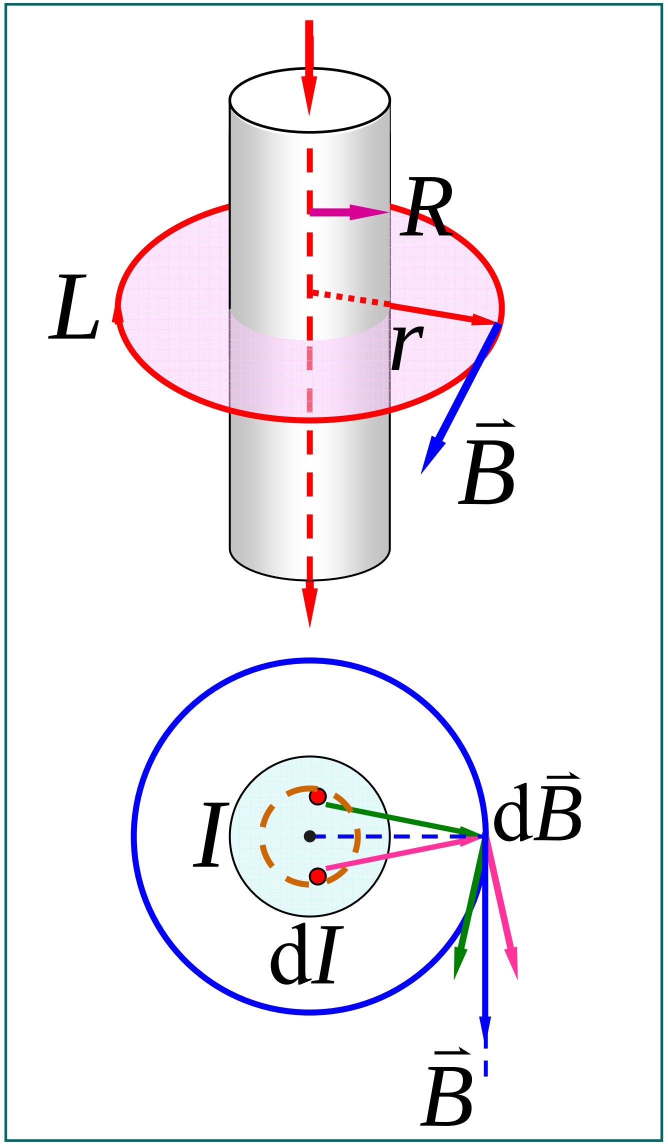
解 1）对称性分析 2）选取回路

$r>R$ $\quad \oint_l \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 I$

$2\pi rB = \mu_0 I \qquad B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$

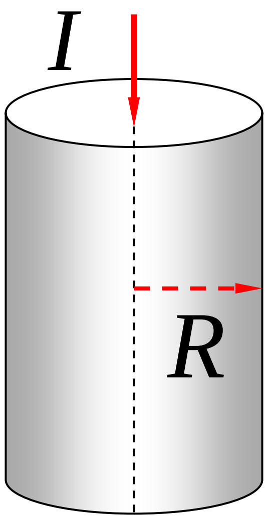
$0<r<R \quad \oint_l \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 \dfrac{\pi r^2}{\pi R^2} I$

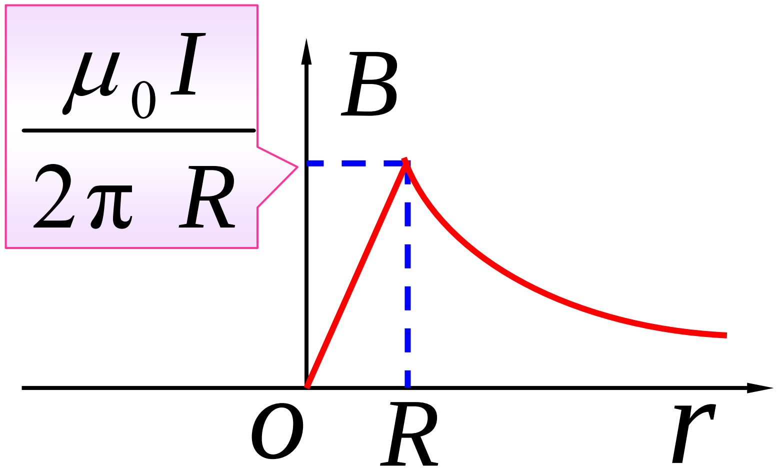
$2\pi rB = \dfrac{\mu_0 r^2}{R^2} I \qquad B = \dfrac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}$



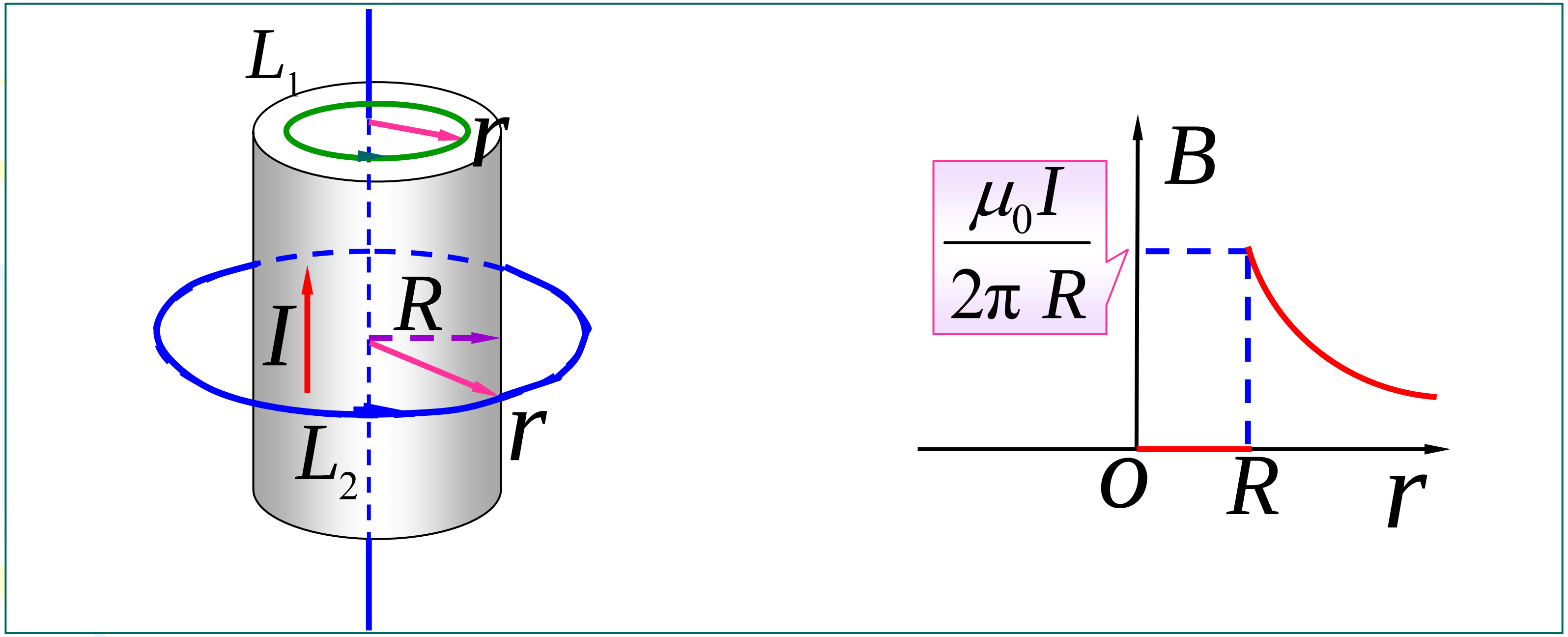
$\vec{B}$ 的方向与 I 成右螺旋

$$
\begin{cases} 0<r<R, & B=\dfrac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} \\ r>R, & B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} \end{cases}
$$





例4　无限长载流圆柱面的磁场



解　$0<r<R,\ \oint_l \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=0$　　$B=0$

$r>R,\ \oint_l \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=\mu_0 I$　　$B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$