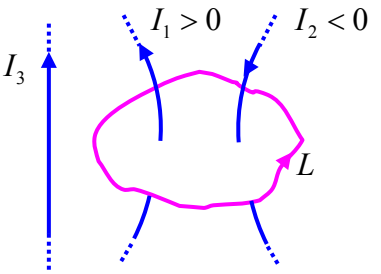
11—4　安培环路定理

静电场 $\vec{E}$ 的环流 $\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l}=0$，$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=?$

一、安培环路定理

$$\boxed{\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum_L I}$$

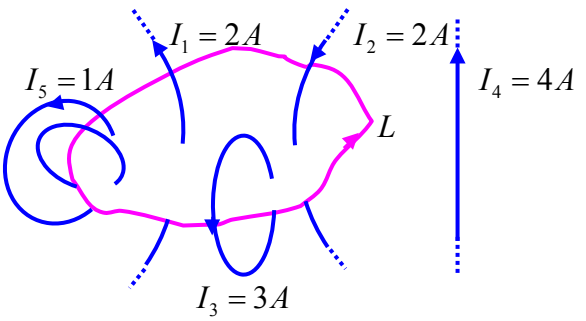


右手四指弯曲代表回路绕行方向，拇指伸直：

若电流流向与拇指指向相同，电流为正

若电流流向与拇指指向相反，电流为负

例：计算 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=?$



$$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum_L I=\mu_0(I_1+I_2+I_3+2I_5)$$

$I_1>0$，$I_2<0$，$I_3>0$，$I_5>0$

$$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0(2-2+3+2\times1)\,\mathbf{A}=5\mu_0\,\mathbf{A}$$

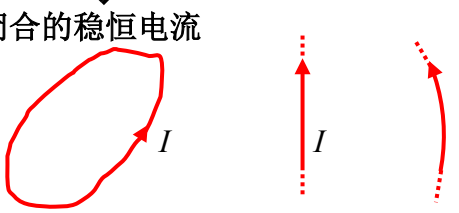
二、要点

注意：（1）$\vec{B}$ 的环流 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum_L I$

$\vec{B}$ 与所有电流及其分布有关

（2）稳恒电流 ✓

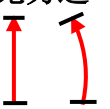
i)闭合的稳恒电流



ii)电流不闭合，但两端延伸到无穷远

非稳恒电流 ✗

一段有限长载流导线的磁场✗

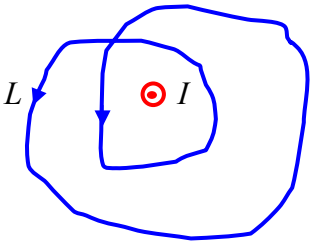


（3）

$$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mathbf{0}\Rightarrow\sum_L I=0\not\Leftarrow I=0$$

$$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mathbf{0}\not\Leftarrow \text{回路 } L \text{ 上 } \vec{B}=0$$

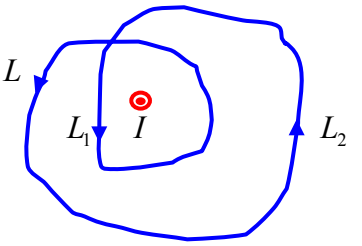
例：$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = ?$



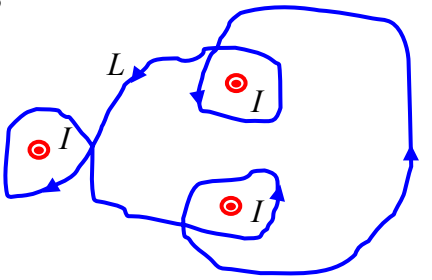
解：$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}$

$= \oint_{L1} \vec{B}\cdot d\vec{l} + \oint_{L2} \vec{B}\cdot d\vec{l}$

$= \mu_0 I + \mu_0 I = 2\mu_0 I$，



例：$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = ?$



解：$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0(2I - I + 2I) = 3\mu_0 I$

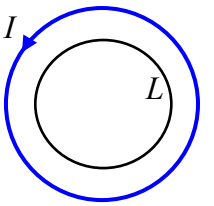
例：**1、**

A、 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mathbf{0}$，回路上任意一点 $B = 0$

B、 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mathbf{0}$，回路上任意一点 $B \neq 0$

C、 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} \neq \mathbf{0}$，回路上任意一点 $B \neq 0$

D、 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} \neq \mathbf{0}$，回路上任意一点 $B =$ 常量



2、关于安培环路定理

A、 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mathbf{0}$，则必定 L 上 $\vec{B}$ 处处为零

B、 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mathbf{0}$，则必定 L 不包围电流

C、 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mathbf{0}$，则 L 包围的电流代数和为零

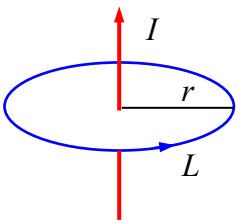
D、 L 上 $\vec{B}$ 仅与 L 所包围的电流有关

三、应用

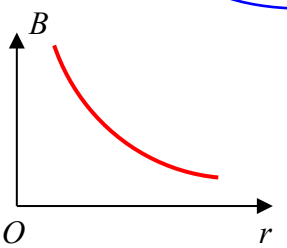
例：无限长载流直导线的磁场。（$B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$）

解：$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\oint_L B\cos\theta dl$

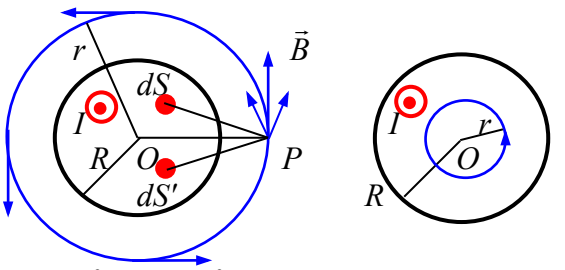
$=B\oint_L dl=B2\pi r=\mu_0 I$，



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



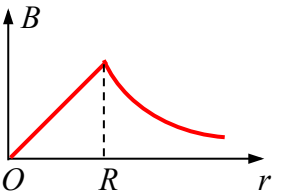
例：无限长均匀载流圆柱导体（R、I）的磁场



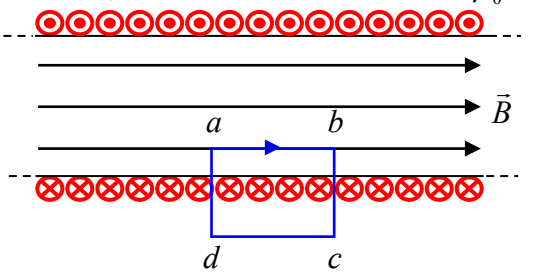
解：（1）$r>R$，$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\oint_L B\cos\theta dl=B2\pi r=\mu_0 I$，$B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$

（2）$r<R$，$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\oint_L B\cos\theta dl=B2\pi r=\mu_0\dfrac{I}{\pi R^2}\pi r^2$，$B=\dfrac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}$

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



例：无限长直螺线管的磁场（n、I）。（$B=\mu_0 nI$）

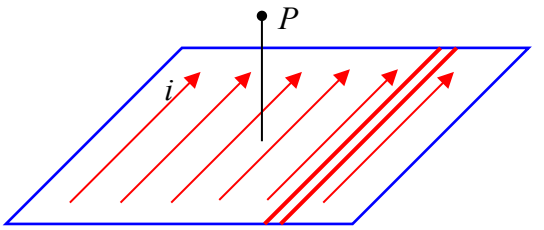


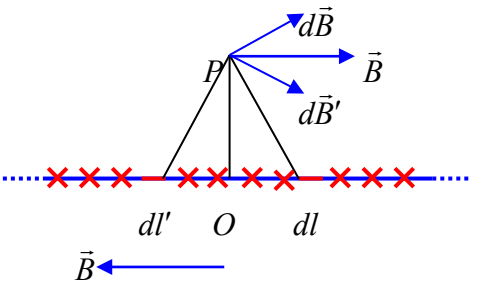
解：$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\oint_L B\cos\theta dl$

$=\int_a^b B\cos\theta dl+\int_b^c B\cos\theta dl+\int_c^d B\cos\theta dl+\int_d^a B\cos\theta dl$

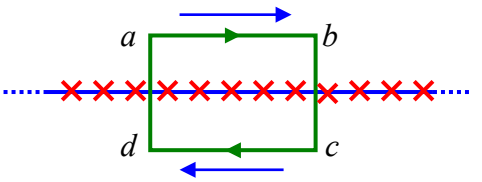
$=B\overline{ab}=\mu_0 n\overline{ab}I$，$B=\mu_0 nI$，均匀磁场

例：无限大均匀载流平面（i）的磁场。（$B=\frac{1}{2}\mu_0 i$）





****



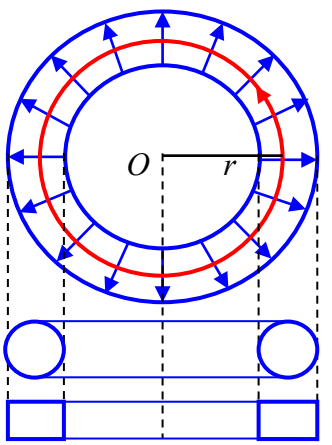
$$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\oint_L B\cos\theta dl$$

$$=\int_a^b B\cos\theta dl+\int_b^c B\cos\theta dl+\int_c^d B\cos\theta dl+\int_d^a B\cos\theta dl$$

$$=B\overline{ab}+B\overline{cd}=2B\overline{ab}=\mu_0 i\overline{ab}，\quad B=\frac{1}{2}\mu_0 i$$

两侧都是均匀磁场

例：螺绕环的磁场（$\overline{R}$、N、I）



解：$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\oint_L B\cos\theta dl=B2\pi r=\mu_0 NI$

$B=\frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$，截面很小时，$B\approx\frac{\mu_0 NI}{2\pi\overline{R}}=\mu_0 nI$