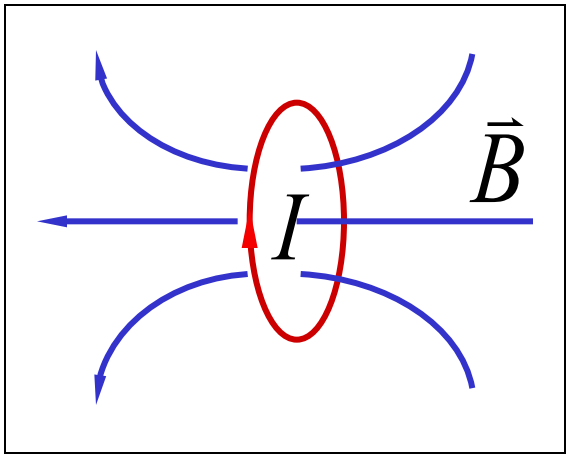
一 自感电动势 自感

（1）自感

$\Phi = LI$ $\boxed{L = \Phi / I}$

若线圈有 N 匝，

$\psi = N\Phi$ 磁通匝数



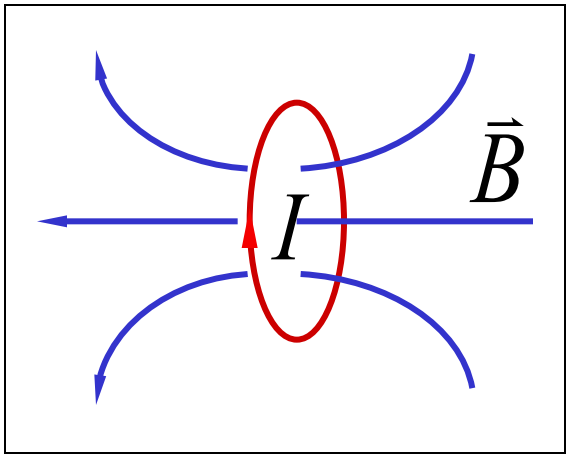
自感 $L = \psi / I$

注意 无铁磁质时，自感仅与线圈形状、磁介质及 N 有关.

（2）自感电动势

$$\mathcal{E}_L = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = -(L\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t} + I\frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}t})$$

当 $\frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}t} = 0$ 时，



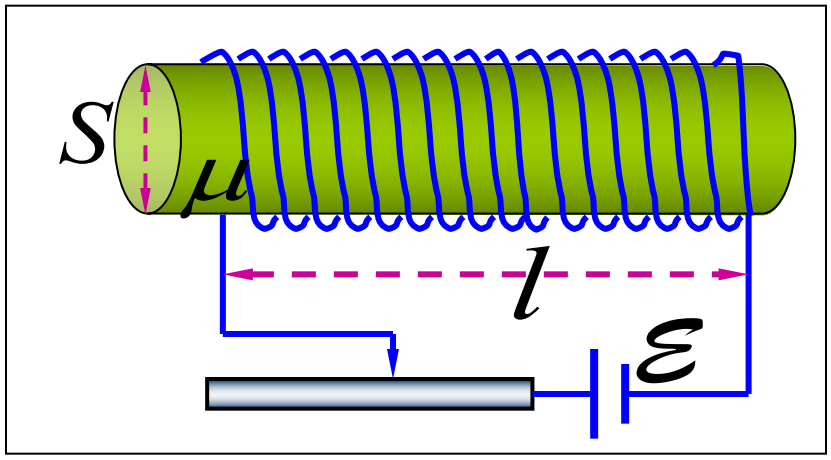
$$\mathcal{E}_L = -L\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$$

自感 $L = -\mathcal{E}_L \Big/ \frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$

（3）自感的计算方法

例1 如图的长直密绕螺线管，已知 l，S，N，μ，求其自感 L（忽略边缘效应）.

解 先设电流 I → 根据安培环路定理求得 $H \rightarrow B \rightarrow \Phi \rightarrow L$



$$n = N/l$$

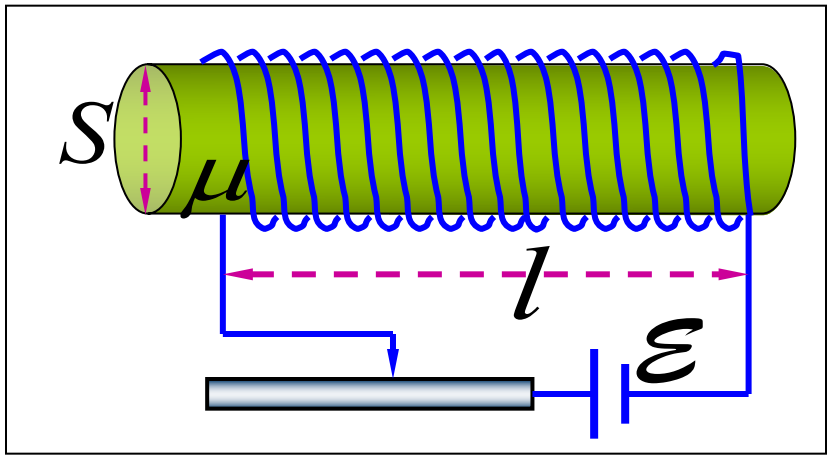
$$B = \mu H = \mu n I$$

$$\psi = N\Phi = NBS$$

$$\psi = N\Phi = NBS = N\mu\frac{N}{l}IS$$

$$L = \frac{\psi}{I} = \mu\frac{N^2}{l}S \qquad V = lS \qquad \therefore L = \mu n^2 V$$

（一般情况可用下式测量自感）$\mathcal{E}_L = -L\dfrac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$



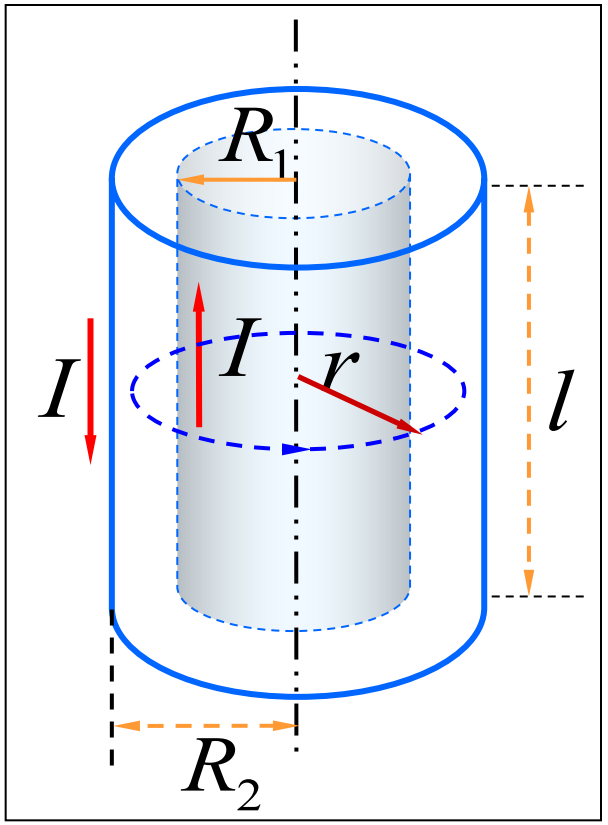
（4）自感的应用

稳流，LC 谐振电路

滤波电路，感应圈等

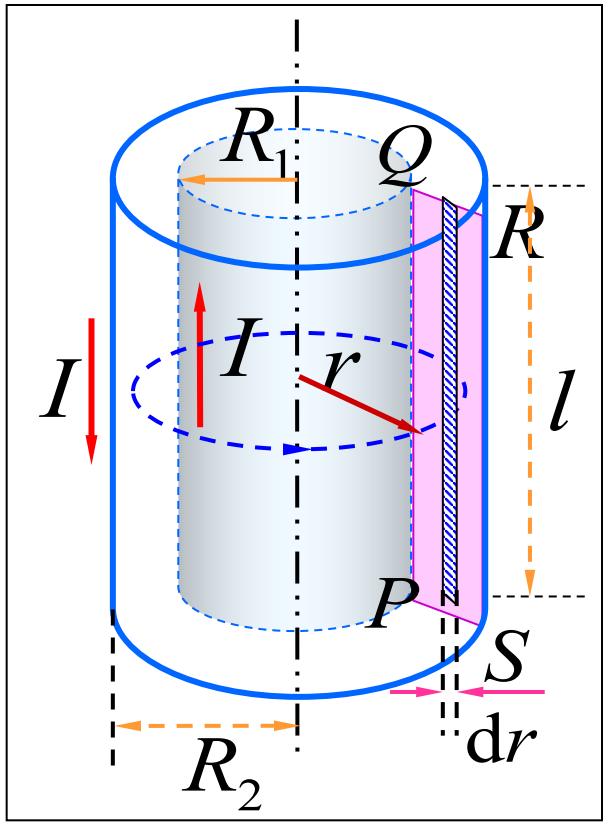
例 2 有两个同轴圆筒形导体，其半径分别为R_1和 R_2，通过它们的电流均为 I，但电流的流向相反. 设在两圆筒间充满磁导率为 μ 的均匀磁介质，

求其自感 L .



解 两圆筒之间 $B=\dfrac{\mu I}{2\pi r}$

如图在两圆筒间取一长为 l 的面 $PQRS$，并将其分成许多小面元.



则 $\mathrm{d}\Phi=\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{S}=Bl\mathrm{d}r$

$$\Phi=\int\mathrm{d}\Phi=\int_{R1}^{R2}\frac{\mu I}{2\pi r}l\mathrm{d}r$$

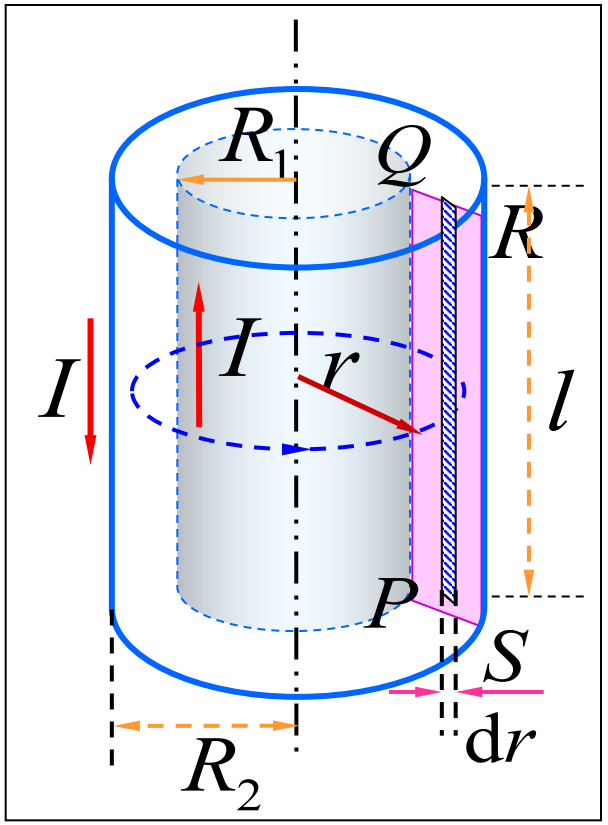
$$\Phi=\int \mathrm{d}\Phi=\int_{R1}^{R2}\frac{\mu I}{2\pi r}l\mathrm{d}r$$

$$\Phi=\frac{\mu I l}{2\pi}\ln\frac{R_2}{R_1}$$

$$L=\frac{\Phi}{I}=\frac{\mu l}{2\pi}\ln\frac{R_2}{R_1}$$

单位长度的自感为

$$\frac{L}{l}=\frac{\mu}{2\pi}\ln\frac{R_2}{R_1}$$



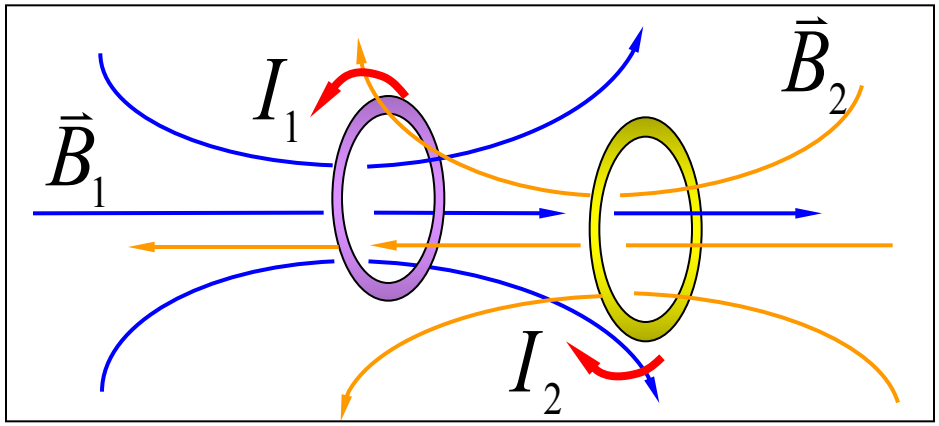
二 互感电动势 互感

I_1 在 I_2电流回路中所产生的磁通量

$$\Phi_{21} = M_{21} I_1$$

I_2 在 I_1 电流回路 中所产生的磁通量

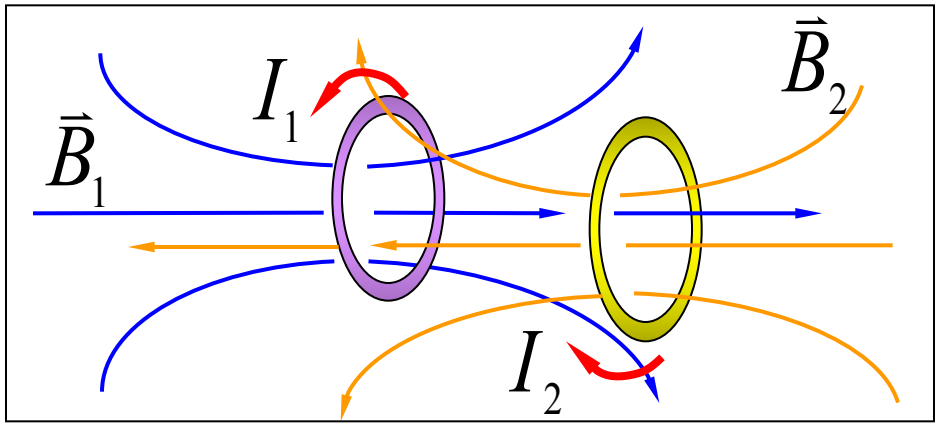
$$\Phi_{12} = M_{12} I_2$$



（1）互感系数

$$M_{12}=M_{21}=M=\frac{\Phi_{21}}{I_1}=\frac{\Phi_{12}}{I_2}$$

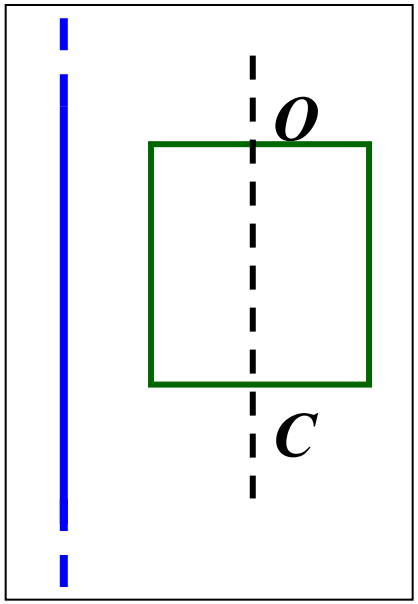
注意 互感仅与两个线圈形状、大小、匝数、相对位置以及周围的磁介质有关.



（2）互感电动势

$$\mathcal{E}_{12}=-M\frac{\mathrm{d}I_2}{\mathrm{d}t} \qquad \mathcal{E}_{21}=-M\frac{\mathrm{d}I_1}{\mathrm{d}t}$$

- 互感系数 $M=-\dfrac{\mathcal{E}_{21}}{\mathrm{d}I_1/\mathrm{d}t}=-\dfrac{\mathcal{E}_{12}}{\mathrm{d}I_2/\mathrm{d}t}$



问：下列几种情况互感是否变化？

（1）线框平行直导线移动；

（2）线框垂直于直导线移动；

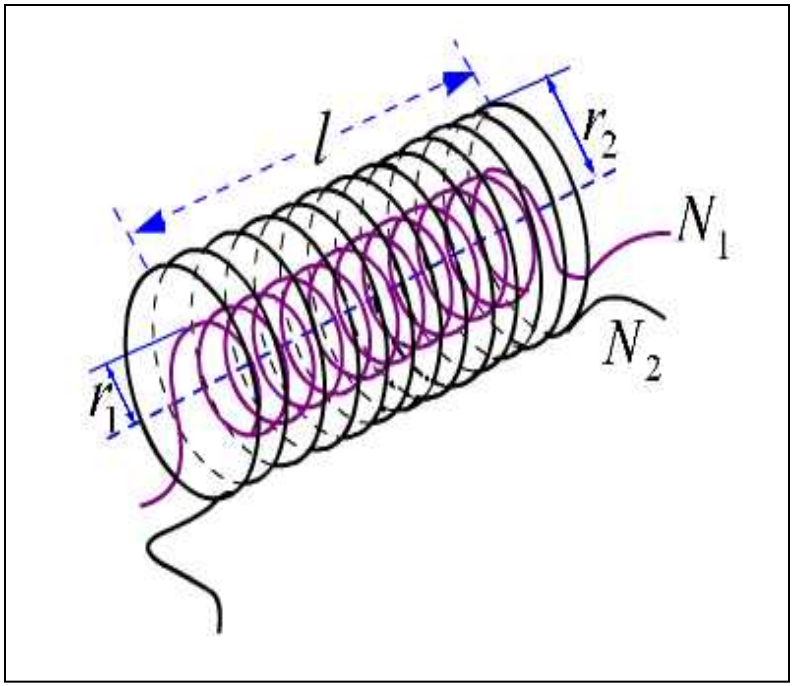
（3）线框绕 OC 轴转动；

（4）直导线中电流变化.

例3 两同轴长直密绕螺线管的互感

有两个长度均为l，半径分别为r_1和r_2（$r_1<r_2$），匝数分别为N_1和N_2的同轴长直密绕螺线管.

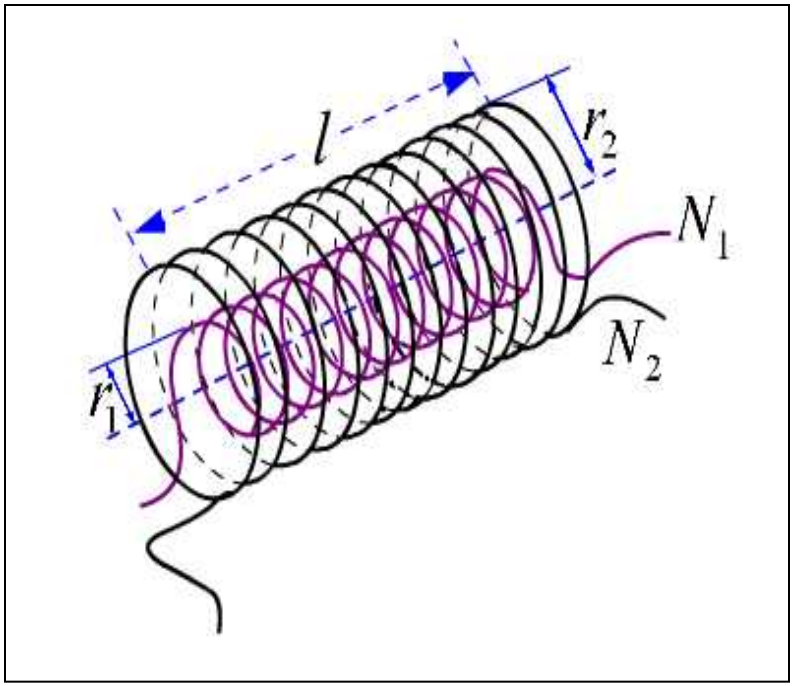
求它们的互感 M.



解 先设某一线圈中通以电流 I → 求出另一线圈的磁通量 Φ → M

设半径为 r_1 的线圈中通有电流 I_1，则

$$B_1 = \mu_0 \frac{N_1}{l} I_1 = \mu_0 n_1 I_1$$



则穿过半径为 r_2 的线圈的磁通匝数为

$$\psi = N_2\Phi_{21} = N_2 B_1(\pi r_1^2) = n_2 l B_1(\pi r_1^2)$$

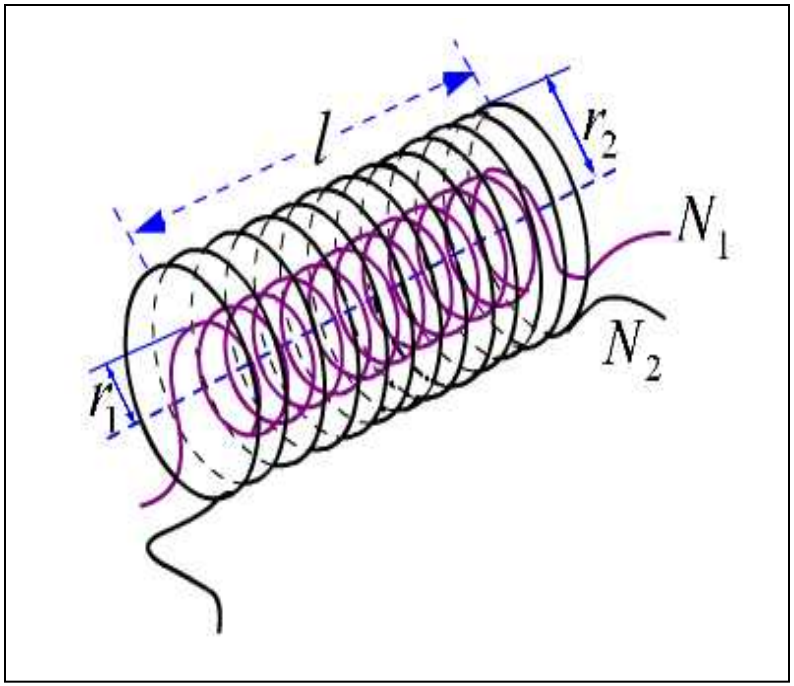
代入 B_1 计算得

$$\psi = N_2\Phi_{21}$$

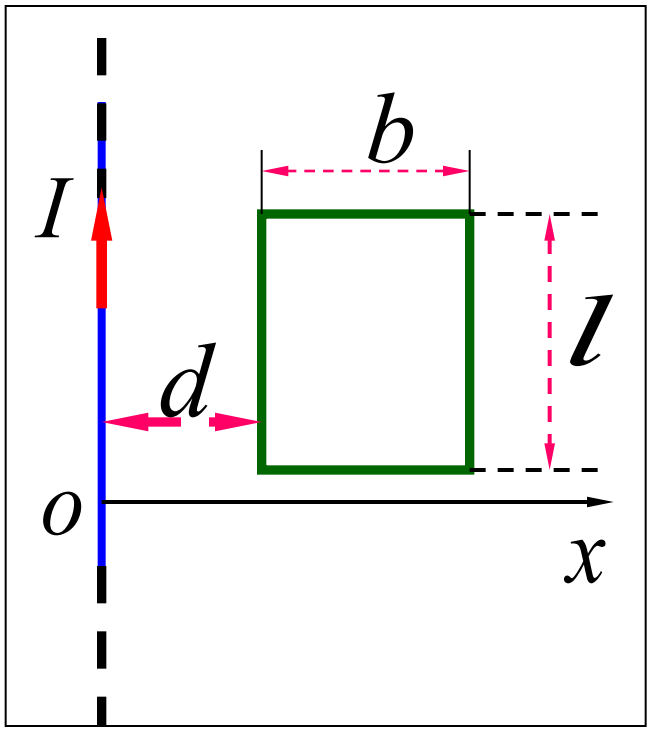
$$= \mu_0 n_1 n_2 l(\pi r_1^2) I_1$$

$$M_{21} = \frac{N_2\Phi_{21}}{I_1}$$

$$= \mu_0 n_1 n_2 l(\pi r_1^2)$$



例 4 在磁导率为 μ 的均匀无限大的磁介质中，一无限长直导线与一宽、长分别为 b 和 l 的矩形线圈共面，直导线与矩形线圈的一侧平行，且相距为 d .

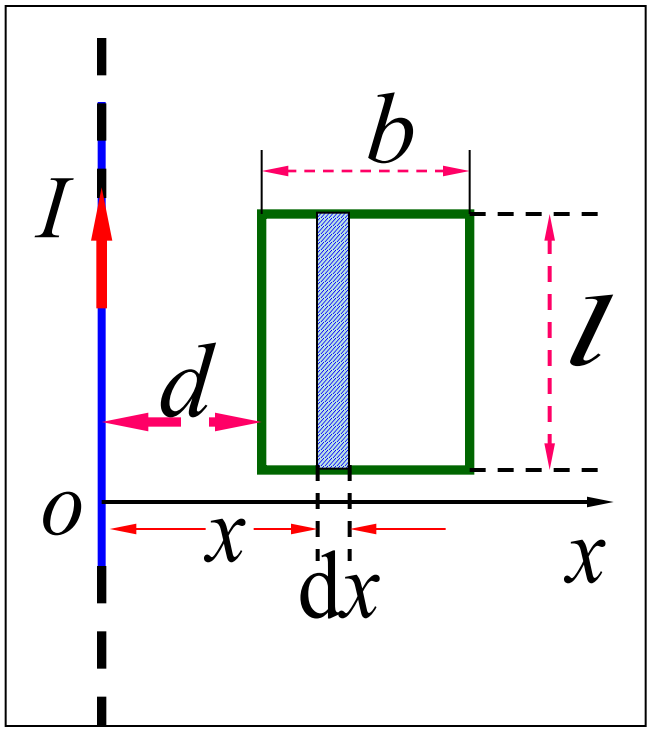


求二者的互感系数.

解 设长直导线通电流 I

$$B=\frac{\mu I}{2\pi x}$$

$$\mathrm{d}\Phi=\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{s}=\frac{\mu I}{2\pi x}l\mathrm{d}x$$



$$\Phi=\int_d^{d+b}\frac{\mu I}{2\pi x}l\mathrm{d}x$$

$$=\frac{\mu Il}{2\pi}\ln\left(\frac{b+d}{d}\right)$$

$$M=\frac{\Phi}{I}=\frac{\mu l}{2\pi}\ln\left(\frac{b+d}{d}\right)$$

本章目录

选择进入下一节：

8-1　电磁感应定律

8-2　动生电动势和感生电动势

8-3　自感和互感

*8-4　*RL*电路

8-5　磁场的能量　磁场能量密度

8-6　位移电流

电磁场基本方程的积分形式

END