



云南省职工业务技能大赛——

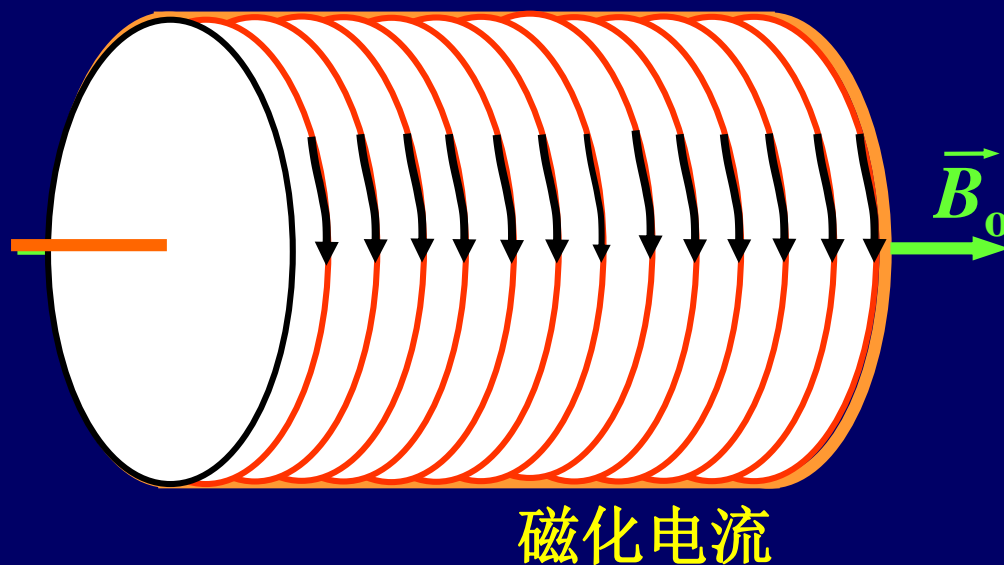
“高教社杯” 高等师范院校

物理学教师教学技能大赛决赛



# 磁介质中的静磁场

介质磁化后，介质的表面或内部会出现宏观的电流分布，称为磁化电流。



产生附加磁场

$$\vec{B}'$$

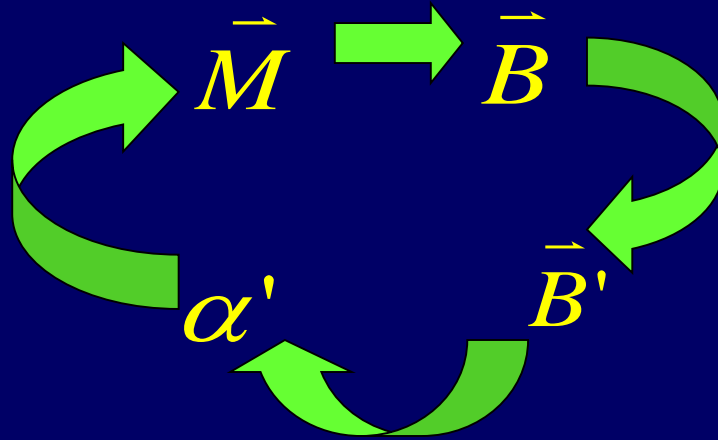
$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$$

$$\alpha' = M_t$$

$$\oint_L \vec{M} \cdot d\vec{l} = \sum I'$$

# 有磁介质存在时的静磁场

$$\alpha' = M_t$$



$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$$

这种连环套的关系太复杂，  
怎么求解？



磁场强度、磁介质中的安培环路定理

## § 6-3 磁场强度

有磁介质时的安培环路定理

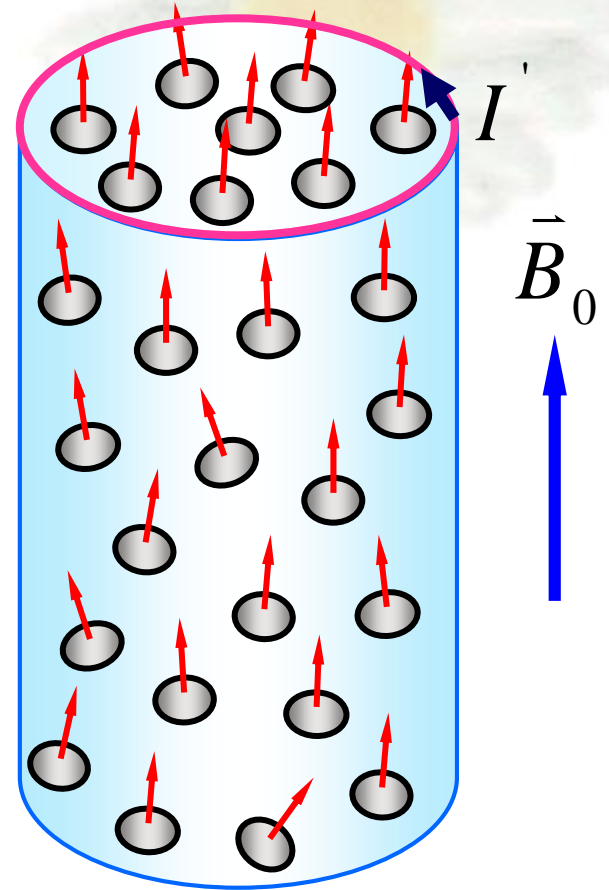
# 一、有磁介质时稳恒磁场的安培环路定理的表达式

介质存在时,场源有两部分

$$\left\{ \begin{array}{l} I_0: \text{传导电流, 激发 } \vec{B}_0 \\ I': \text{磁化电流, 激发 } \vec{B}' \end{array} \right.$$

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$$

传导电流和磁化电流  
按照相同规律激发磁场



有外磁场

# 一、有磁介质时稳恒磁场的安培环路定理的表达式

传导电流和磁化电流

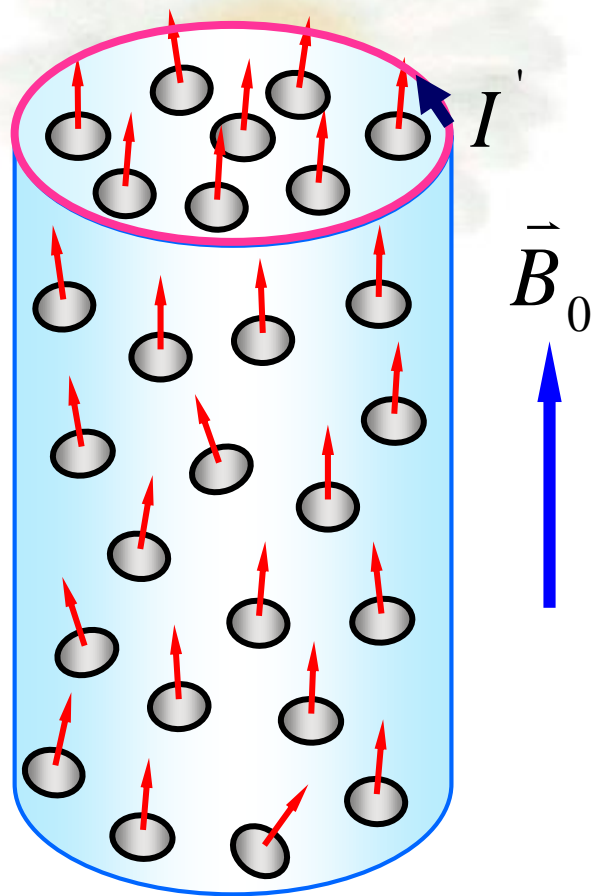
按照相同规律激发磁场

$$\oint_L \vec{B}_0 \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I_{0in}$$

$$\oint_L \vec{B}' \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I'_{in}$$

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$$

$$\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum (I_{0in} + I'_{in}) \dots (1)$$



有外磁场

$$\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum (I_{0in} + I'_{in}) \dots (1)$$

$$\oint_L \vec{M} \cdot d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint_L \left( \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \right) \cdot d\vec{l} = \sum I_{0in}$$

令：
$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$$
 称为**磁场强度**

得到：有磁介质时稳恒磁场的安培环路定理的**表达式**

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I_{0in}$$

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{L \text{ 内}} I_0$$

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

### ◆ 磁场强度的环流

等于这个闭合回路所包围的“传导电流”的代数和。

### ◆ 磁场强度的环流

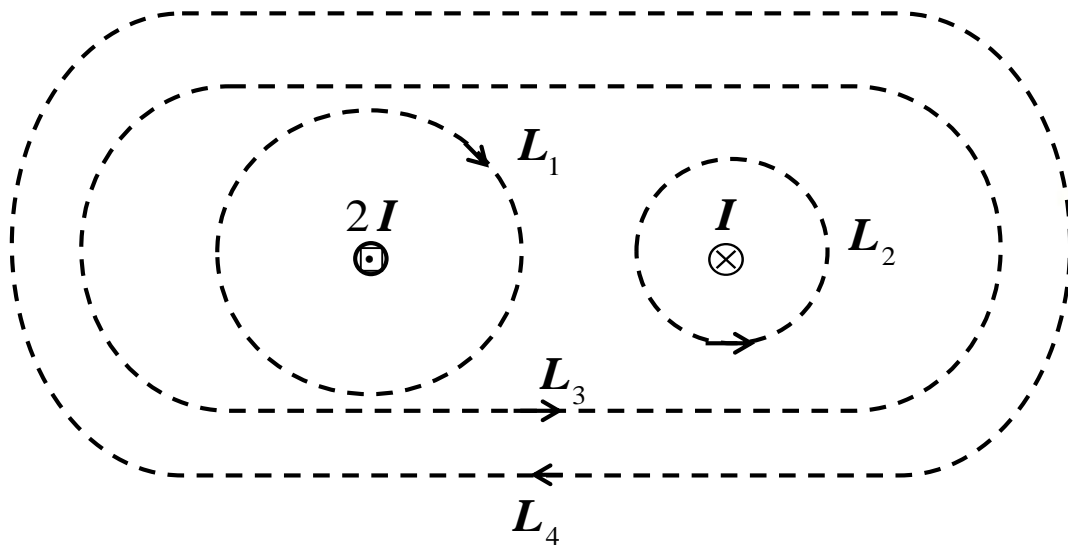
只与闭合回路内所包围的“传导电流”有关，

与磁化电流无关

### ◆ 磁场强度

不仅与传导电流有关，还与磁化电流有关





$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = ?$$

$$\oint_{L_1} \vec{H} \cdot d\vec{l} = -2I$$

$$\oint_{L_2} \vec{H} \cdot d\vec{l} = -I$$

$$\oint_{L_3} \vec{H} \cdot d\vec{l} = I$$

$$\oint_{L_4} \vec{H} \cdot d\vec{l} = -I$$

## 二. 磁场强度 $\vec{H}$

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

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{M} + \mu_0 \vec{H}$$

对任何介质成立

◆  $\vec{H}$ ,  $\vec{B}$ ,  $\vec{M}$  三者的关系(各向同性介质)

$$\vec{M} = \chi_m \vec{H}$$

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{M} + \mu_0 \vec{H}$$

$$\vec{B} = \mu_0 (1 + \chi_m) \vec{H}$$

令  $1 + \chi_m = \mu_r$

$$\vec{M} = g \vec{B}$$

$$\vec{M} = \frac{\chi_m}{\mu_0 \mu_r} \vec{B}$$

$$\begin{aligned} \vec{B} &= \mu_0 \mu_r \vec{H} \\ &= \mu \vec{H} \end{aligned}$$

### 三、有磁介质存在时的静磁场的求解?



当磁化电流和磁介质的分布具有对称性时



利用磁介质的安培环路定理可以使计算简化

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{L\text{内}} I$$



$\vec{H}$



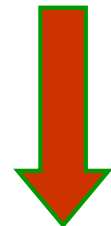
$\vec{B}$

$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

$$\vec{M} = \chi_m \vec{H}$$



$\vec{M}$



$\vec{\alpha}'$

$$\vec{\alpha}' = \vec{M} \times \vec{n}$$

步骤与  $\oint_l \vec{B}_0 \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I_i$   
的应用一样



例 一无限长载流直导线，其外包围一层磁介质，  
相对磁导率  $\mu_r > 1$

求：磁介质中的磁感应强度和磁化强度

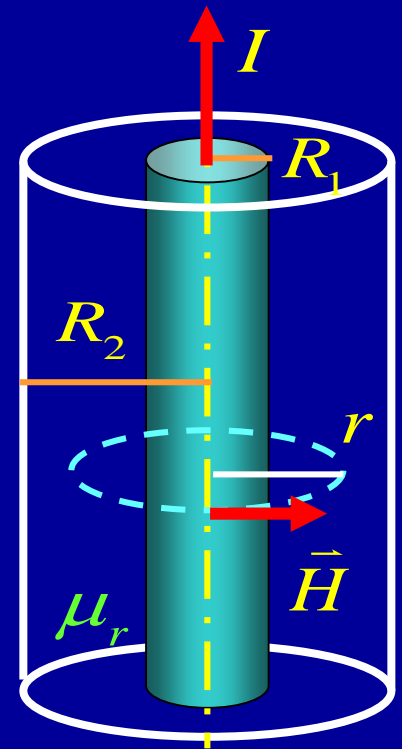
解 根据磁介质的安培环路定理

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = H 2\pi r = I \quad \longrightarrow \quad H = I / 2\pi r$$

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

$$M = \chi_m H = (\mu_r - 1)H$$

$$= \frac{(\mu_r - 1)I}{2\pi r}$$



思考：  $\vec{\alpha}' = \vec{M} \times \vec{n}$

**例** 一无限长载流直导线，其外包围一层磁介质，  
相对磁导率  $\mu_r > 1$

**求** (2) 介质内外界面上的磁化电流密度

**解** 由磁化强度与磁化电流密度的关系

$$\vec{\alpha}' = \vec{M} \times \vec{n}$$

$$M = \chi_m H = (\mu_r - 1)H = \frac{(\mu_r - 1)I}{2\pi r}$$

$$\text{内界面: } \alpha'_1 = M_1 = \frac{(\mu_r - 1)I}{2\pi R_1}$$

$$\text{外界面: } \alpha'_2 = \frac{(\mu_r - 1)I}{2\pi R_2}$$

