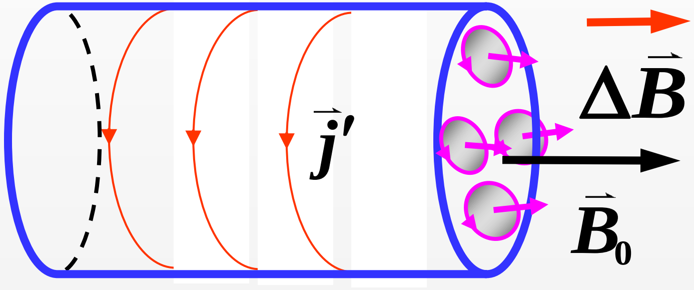
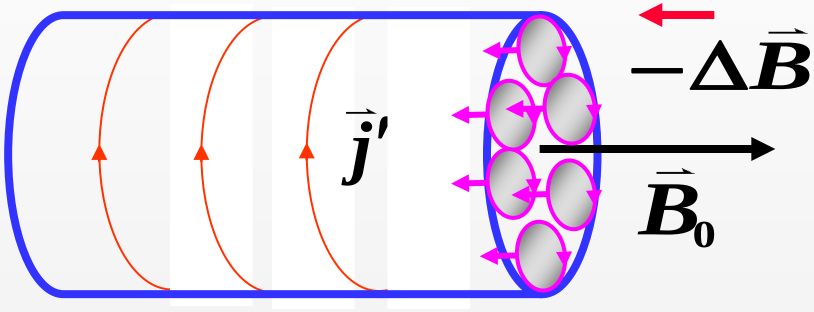
9.8 介质中的安培环路定理

一、磁化电流与磁化强度



顺磁质



抗磁质

1. 磁化电流（束缚电流）

由于介质磁化而出现的一些等效的附加电流分布。

磁化电流是分子电流规则排列的宏观反映。

注意：磁化电流与传导电流的异同

相同点：　两者在产生磁场规律方面是相同的。

不同点：
- 传导电流会产生焦耳热，有热效应。
- 磁化电流没有热效应。

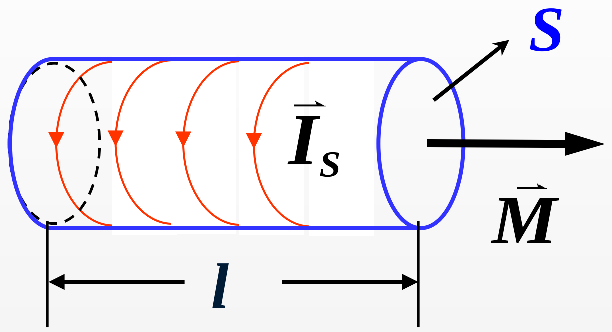
Prob：为什么磁化电流没有热效应呢？

因为磁化电流是分子电流规则排列的宏观反映。

还可以从能量的角度来思考这个问题

2. 磁化面电流密度

定义：介质表面单位长度上的磁化电流



$$j_S = \frac{I_S}{l}$$

3. 磁化强度

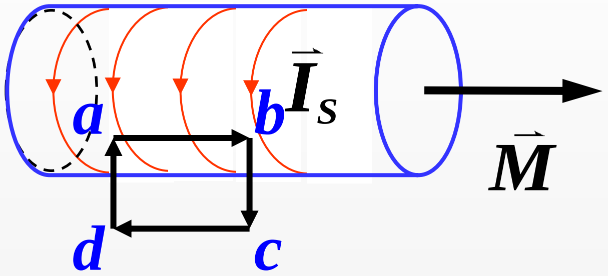
$$\vec{M} = \frac{\sum \vec{m}_{分}}{\Delta V}$$

磁化强度与磁化电流的关系 $\begin{cases} \text{数值上等于磁化面电流密度} \\ \text{方向成右手螺旋关系} \end{cases}$

$$|\vec{M}| = \left|\frac{\sum \vec{m}_{分}}{\Delta V}\right| = \frac{I_S S}{lS} = j_S$$

两者间的积分关系

作回路 *abcda* 如图



$$\oint_L \vec{M}\cdot d\vec{l} = \int_a^b \vec{M}\cdot d\vec{l} + \cancel{\int_b^c \vec{M}\cdot d\vec{l}} + \cancel{\int_c^d \vec{M}\cdot d\vec{l}} + \cancel{\int_d^a \vec{M}\cdot d\vec{l}}$$

$$= \int_a^b \vec{M}\cdot d\vec{l} = \int_a^b M dl = M\overline{ab} = I_{S(ab)}$$

结论：磁化强度沿任意闭合回路的环流，等于穿过回路所包围的磁化电流

说明：

1）对顺磁质和抗磁质，实验表明： $\vec{M} \propto \vec{B}$

2）对铁磁质，实验表明： $\vec{M}$ 和 $\vec{B}$ 呈非线性关系，

而且是非单值对应关系

四、磁介质中的安培环路定理

真空中 $$\oint_L \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 \sum I_{内\mathrm{i}}$$

介质中 $\oint_L \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 \sum (I_C + I_s) = \mu_0 \sum I_C + \mu_0 \oint_L \vec{M}\cdot \mathrm{d}\vec{l}$

$$\boxed{\oint_L \left(\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}\right)\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \sum I_C}$$

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

适用于稳恒情况

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

——介质中的环路定理

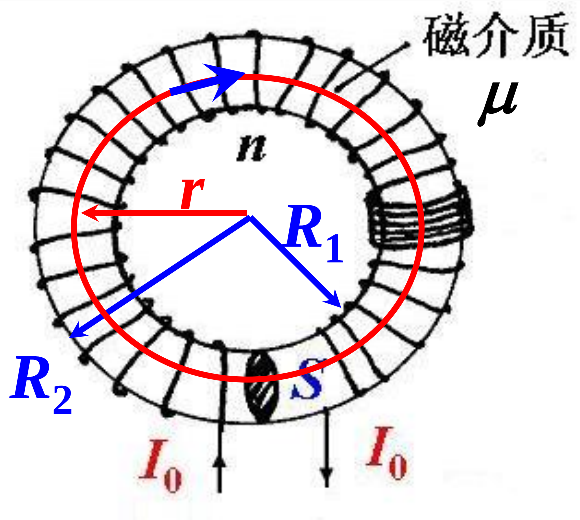
各向同性磁介质

$$\vec{M} = \kappa\vec{H} \qquad \kappa \text{——磁化率}$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \kappa\vec{H} \Longrightarrow \vec{B} = \mu_0(1+\kappa)\vec{H}$$

$$\boxed{\vec{B} = \mu_0\mu_r\vec{H} = \mu\vec{H}} \quad \begin{cases} \mu_r = 1+\kappa & \text{——相对磁导率} \\ \mu = \mu_0\mu_r & \text{——磁导率} \end{cases}$$

例1. 求各向同性均匀磁介质中的磁场强度和磁感应强度的分布（$R_2-R_1 << R_1$）



解：由于电流分布具有较高对称性

作半径为r的同心圆回路，取逆时针为正

由对称性分析：

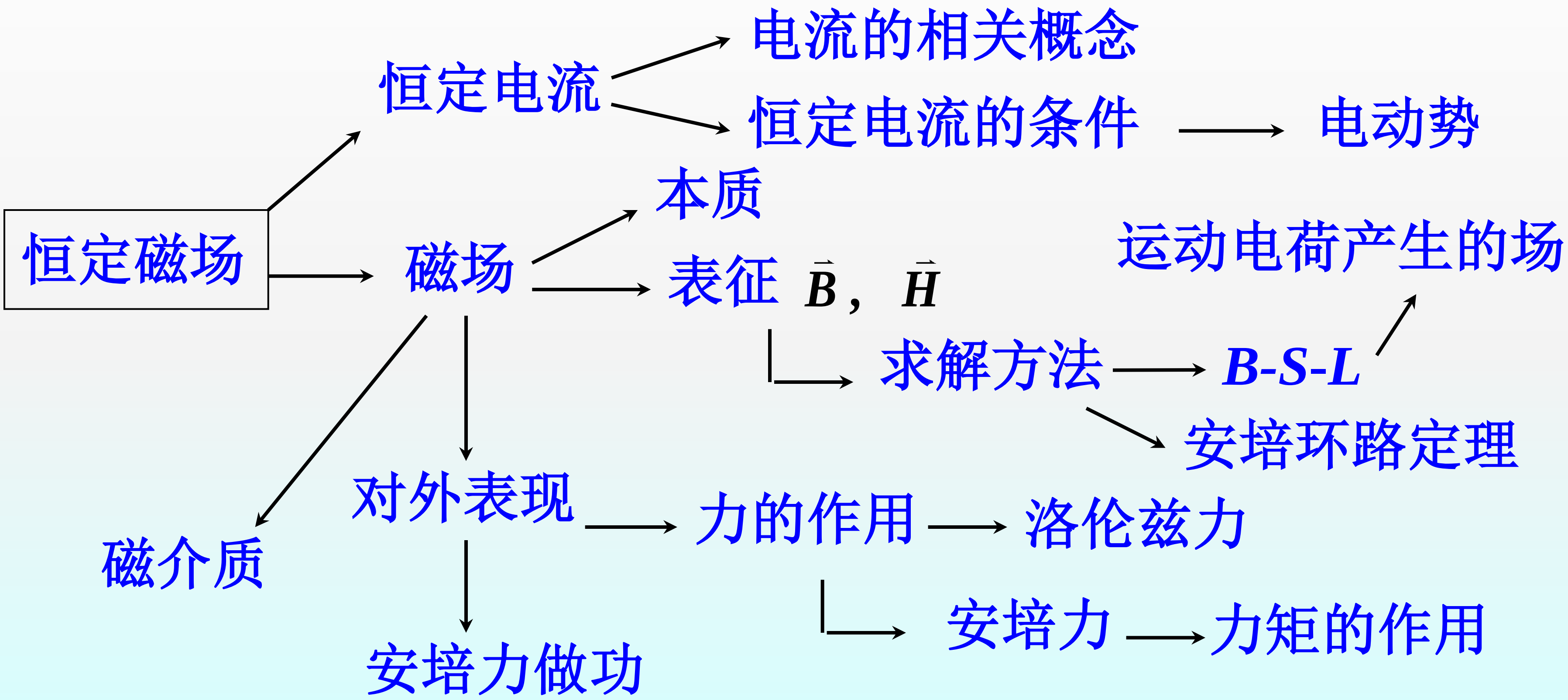
$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = \oint_L H\,dl = H\,2\pi r$$

由介质中的安培环路定理 $H\,2\pi r = n2\pi r I_0$

$$\therefore H = nI_0$$

$$\therefore B = \mu H = \mu n I_0$$

小 结



恒定磁场
恒定电流
电流的相关概念
恒定电流的条件
电动势
磁场
本质
表征 $\vec{B}$，$\vec{H}$
运动电荷产生的场
求解方法
B-S-L
安培环路定理
对外表现
力的作用
洛伦兹力
安培力
力矩的作用
安培力做功
磁介质