

磁场中的磁介质

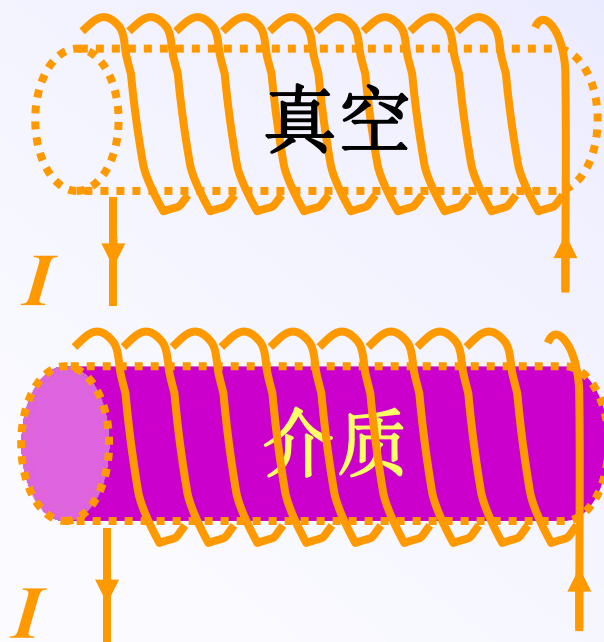


一、磁介质对磁场的影响

1. 真空时螺线管内部磁场 B_0 为 $\mu_0 n I$,

介质时的内部磁场 B 为 $\mu n I$ 或 $\mu_r \mu_0 n I$

2. B 和 B_0 的比值称为相对磁导率，
用符号 μ_r 表示；



传导电流产生

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

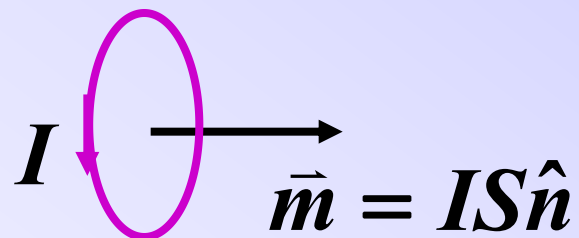
与介质有关的电流产生

3. 当填充介质为铁、钴、镍时， $\mu_r \gg 1$ ，这类介质是铁磁质；
当填充介质为锰、铬、铝时， $\mu_r > 1$ ，这类介质是顺磁质；
当填充介质为铜、金、银时， $\mu_r < 1$ ，这类介质是抗磁质；

二 分子的磁矩与磁化机制

1. 圆电流的磁矩

2. 分子的固有磁矩



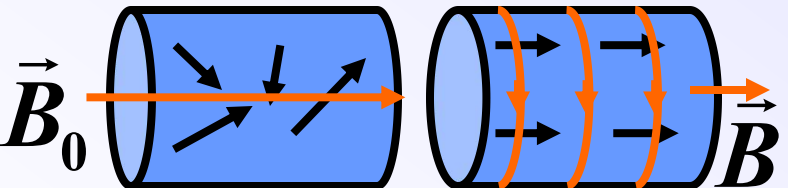
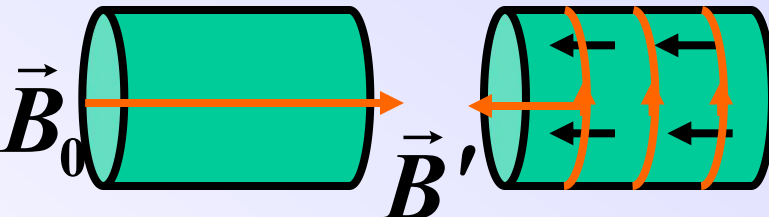
$$\vec{m} = \sum (\vec{m}_l + \vec{m}_s)$$

轨道角动量
对应的磁矩

自旋角动量
对应的磁矩

$$\left\{ \begin{array}{ll} \neq 0 & \text{顺磁质} \\ = 0 & \text{抗磁质} \end{array} \right.$$

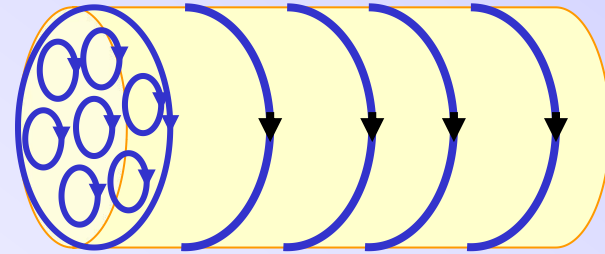
介质的磁化

	顺磁质	抗磁质
无磁场	分子有固有磁矩 \vec{m}	分子无固有磁矩
有磁场	出现与 \vec{B}_0 反向的感生磁矩 \vec{m} ($\Delta\vec{m} \ll \vec{m}$)	
	 <p>\vec{m} 在 \vec{B}_0 作用下整齐排列，在介质表面出现束缚（磁化）电流 I' \vec{B}' 与 \vec{B}_0 方向相同</p> <p>$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}' > \vec{B}_0$</p>	 <p>在介质表面出现束缚（磁化）电流 I' \vec{B}' 与 \vec{B}_0 方向相反</p> <p>$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}' < \vec{B}_0$</p>

磁化电流和磁化强度矢量

顺磁质分子固有磁矩
的定向排列

抗磁质分子附加磁矩
的产生



在介质表面形成束缚电流

介质的
磁化

1、定义磁化强度矢量

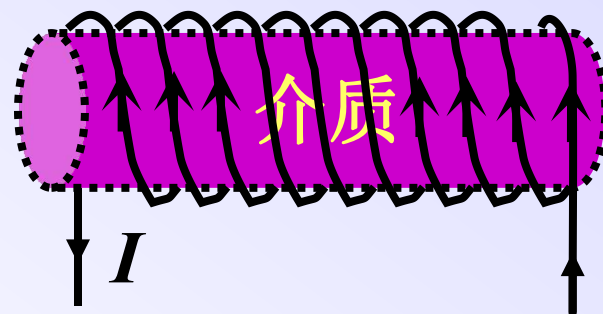
单位：A/m

$$\vec{M} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\sum_i \vec{m}_i}{\Delta V}$$

试试看：长直螺线管 (n, I) 励磁电流方向如图

1. (选择) 螺线管内部由励磁电流形成磁场 B_0 的方向为__;
2. (选择) 填充介质为顺磁质时, 螺线管内部磁场 B 的方向为__, 介质的磁化强度 M 的方向为__; 填充介质为抗磁质时, 螺线管内部磁场 B 的方向为__, 介质的磁化强度 M 的方向为__;

a. 水平向左; b. 水平向右



3. 填充介质为__ (顺, 抗) 磁质时, 介质的面磁化电流的方向与励磁电流方向一致; 磁化强度 M 的方向与面磁化电流的方向满足__关系。

1.a 2.a, a, a, b 3 顺, 右手

三 \vec{H} 的环路定理

在有磁介质存在时，
取回路 L ，运用安培环路定理

自由电流

磁化（束
缚）电流

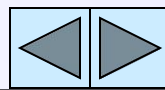
$$\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (I_0 + I')$$

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

自由电流

$$\oint_L \left(\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \right) \cdot d\vec{l} = I_0$$

即 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_0$



1、定义 $\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$ 为磁场强度矢量 \vec{H} 单位 **A/m**

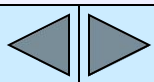
$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_0 \text{ 为 } \vec{H} \text{ 的环路定理}$$

2、磁场强度矢量 \vec{H} 与磁感强度矢量 \vec{B} 的关系

$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H}$$

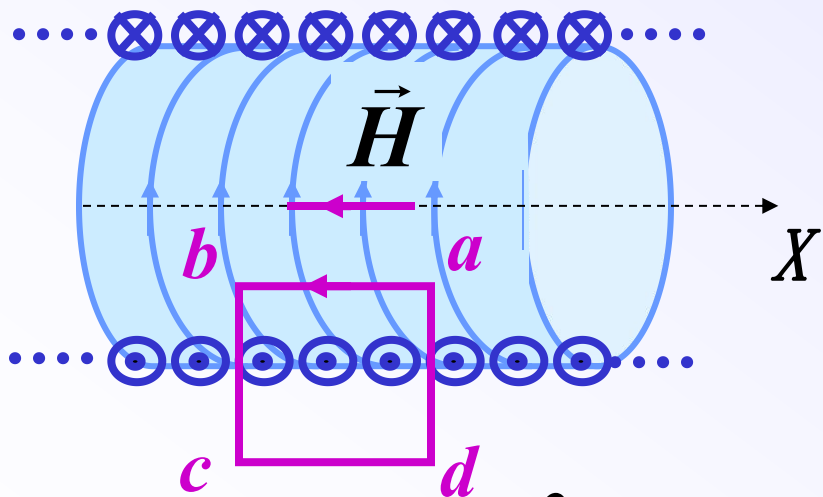
B 矢量的环流与回路包围的**所有**电流有关， H 的环流与回路包围的**自由**电流有关。

B 和 H 矢量由空间分布的**所有**电流共同决定。



应用： 自由电流分布与磁介质分布具有相同对称性时， \vec{H} 的环路定理可以用来求磁场的分布

例1 无限长直螺线管，单位长度匝数 n ，管内充满相对磁导率 μ_r 的磁介质。现通以电流 I ，求管内磁感强度。



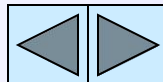
1) 由 \vec{H} 的环路定理

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_0$$

取矩形环路 $a b c d a$

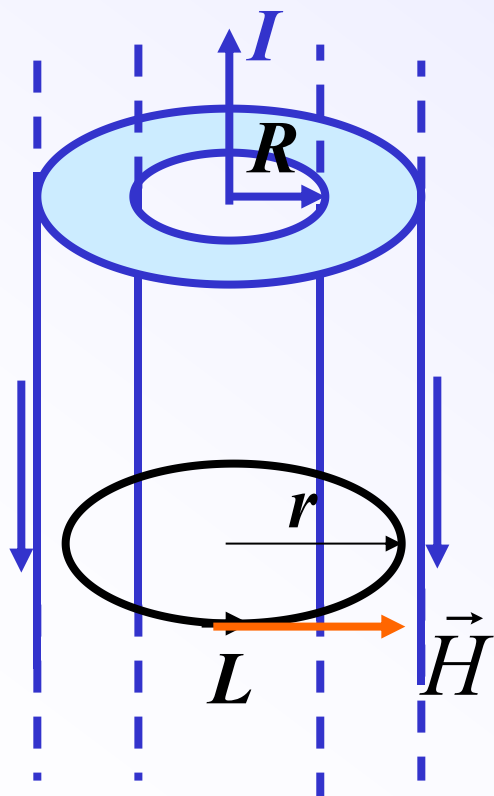
$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = H \overline{ab} = n \overline{ab} I \rightarrow H = nI$$

$$2) \vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H} \rightarrow B = \mu_0 \mu_r nI$$



例2 一长直单芯导线的芯是根半径为 R 的金属导体，与导电外壁间充满相对磁导率 μ_r 的磁介质。现有电流 I 均匀流过横截面并沿外壁流回，求：磁介质中磁场分布；

解：磁场分布具有对称性



1) 在磁介质中取圆形环路 L

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = H 2\pi r = I \rightarrow H = \frac{I}{2\pi r}$$

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

注意这一类轴对称电流分布的磁场的计算问题

