



第18章 磁介质



本章作业

课本**P152**习题: **1, 5, 6** (共3题)

注意

- ☐ 本章作业与第17章一起交
- ☐ 作业用**A4**纸, 不抄题, 有**题号**
- ☐ 选择&填空题要有**解题过程**





§ 18 磁介质

重点

- 磁化强度&磁化电流
- 磁介质中的安培环路定理

难点

- 磁介质中的安培环路定理的建立及应用
- 铁磁质的磁化规律





18.1 磁介质及其磁化

凡是处于磁场中能够对磁场发生影响的物质都属于**磁介质**。实验表明，一切由原子、分子构成的物质都能对磁场发生影响，所以都属于磁介质。

□磁介质内的磁感应强度

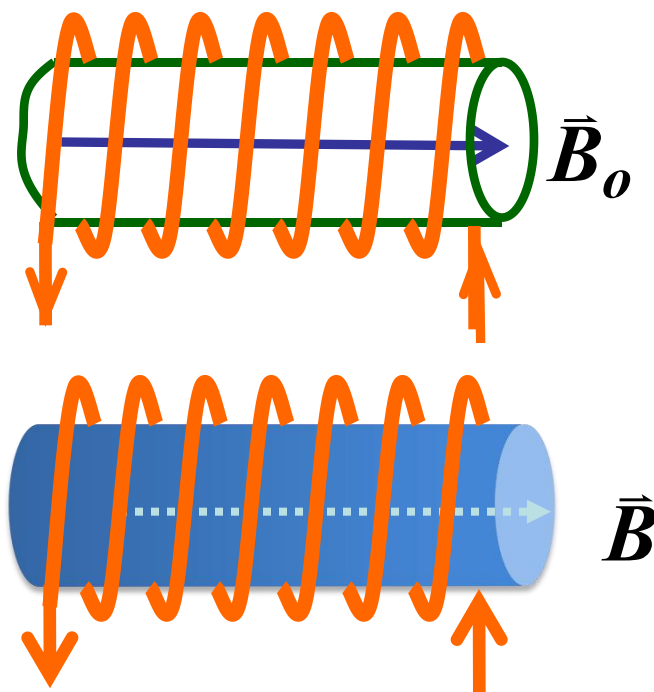
$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$$

对于**各向同性的**磁介质

$$\vec{B} = \mu_r \vec{B}_0$$

μ_r 为磁介质的**相对磁导率**，

$\mu = \mu_r \mu_0$ 为磁介质的磁导率。



华南理工大学

South China University of Technology

磁介质的种类($B=\mu_r B_0$)

弱磁质

强磁质

磁介质种类	种 类	温度	相对磁导率
抗磁质 $B < B_0$ $\mu_r < 1$	铋 汞 铜 氢 (气)	293K 293K 293K	$1-16.6 \times 10^{-5}$ $1-2.9 \times 10^{-5}$ $1-1.0 \times 10^{-5}$ $1-3.89 \times 10^{-5}$
顺磁质 $B > B_0$ $\mu_r > 1$	氧 (液) 氧 (气) 铝 铂	90K 293K 293K 293K	$1+769.9 \times 10^{-5}$ $1+334.9 \times 10^{-5}$ $1+1.65 \times 10^{-5}$ $1+26.0 \times 10^{-5}$
铁磁质 $B \gg B_0$ $\mu_r \gg 1$	铸钢 铸铁 硅钢 坡莫合金		2.2×10^3 (最大值) 4×10^2 (最大值) 7×10^2 (最大值) 1×10^5 (最大值)
完全抗磁质 $B = 0$ $\mu_r = 0$	汞 铌	小于4.15K 小于9.26K	0 0



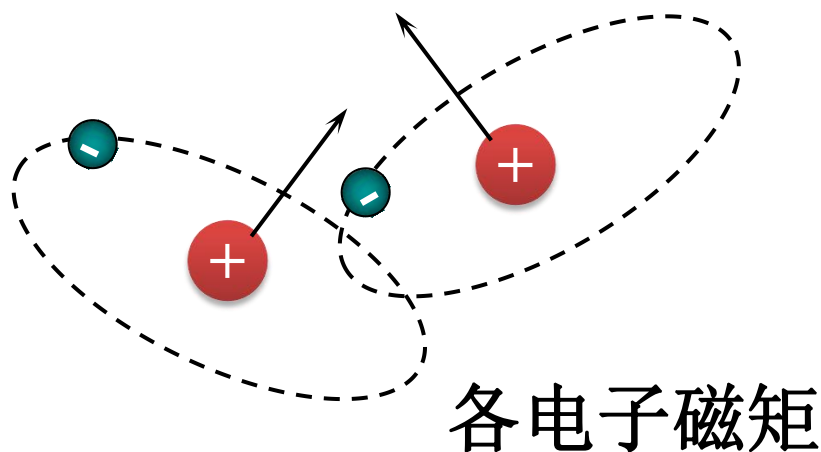
华南理工大学

South China University of Technology
2020-2021

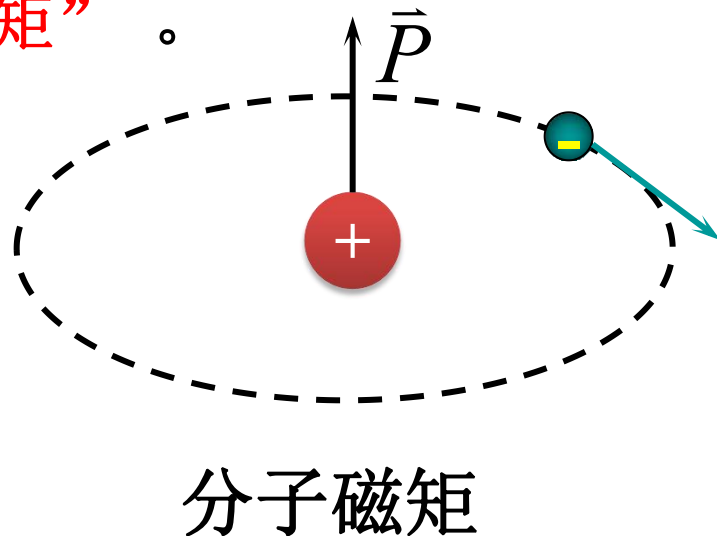
分子的固有磁矩

□**经典理论**：组成分子或原子中的电子，不仅存在绕原子核的**轨道运动**，还存在**自旋运动**，这两种运动都能产生磁效应。

□把分子或原子看作一个整体，分子或原子中各电子对外产生磁效应的总和，可等效于一个圆电流，称为“**分子电流**”。
分子电流的磁矩称为“**分子的固有磁矩**”。



电子轨道磁矩：
$$\vec{p}_m = -\frac{e}{2m} \vec{L}$$



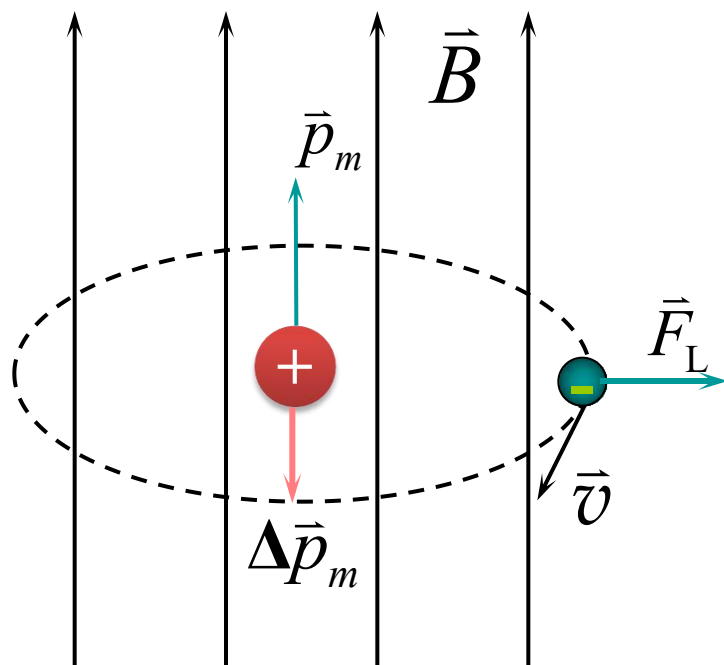
电子自旋磁矩：
$$\vec{p}_s = -\frac{e}{m} \vec{S}$$



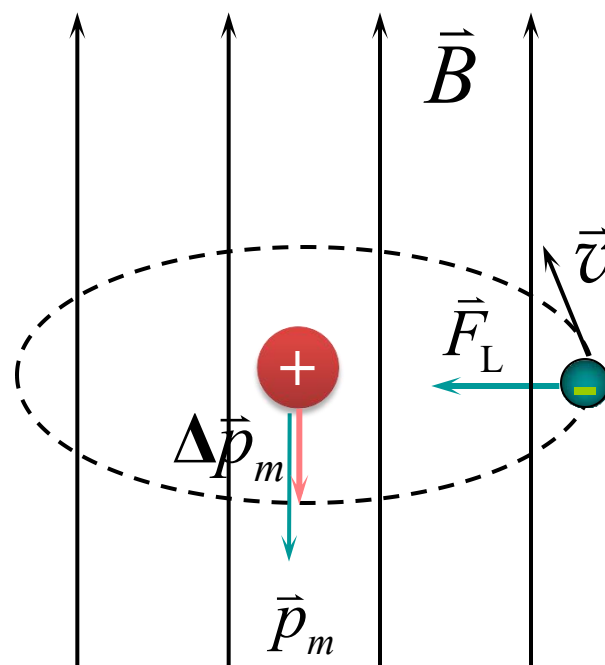
分子的附加磁矩

□ 当磁介质处于**外磁场**中时，每个分子产生与外磁场方向**相反**的**附加磁矩**。

磁矩 $\vec{p}_m = IS\vec{e}_n$



$F_{\text{向心}} \downarrow, v \downarrow, \text{磁矩} \downarrow$



$F_{\text{向心}} \uparrow, v \uparrow, \text{磁矩} \uparrow$



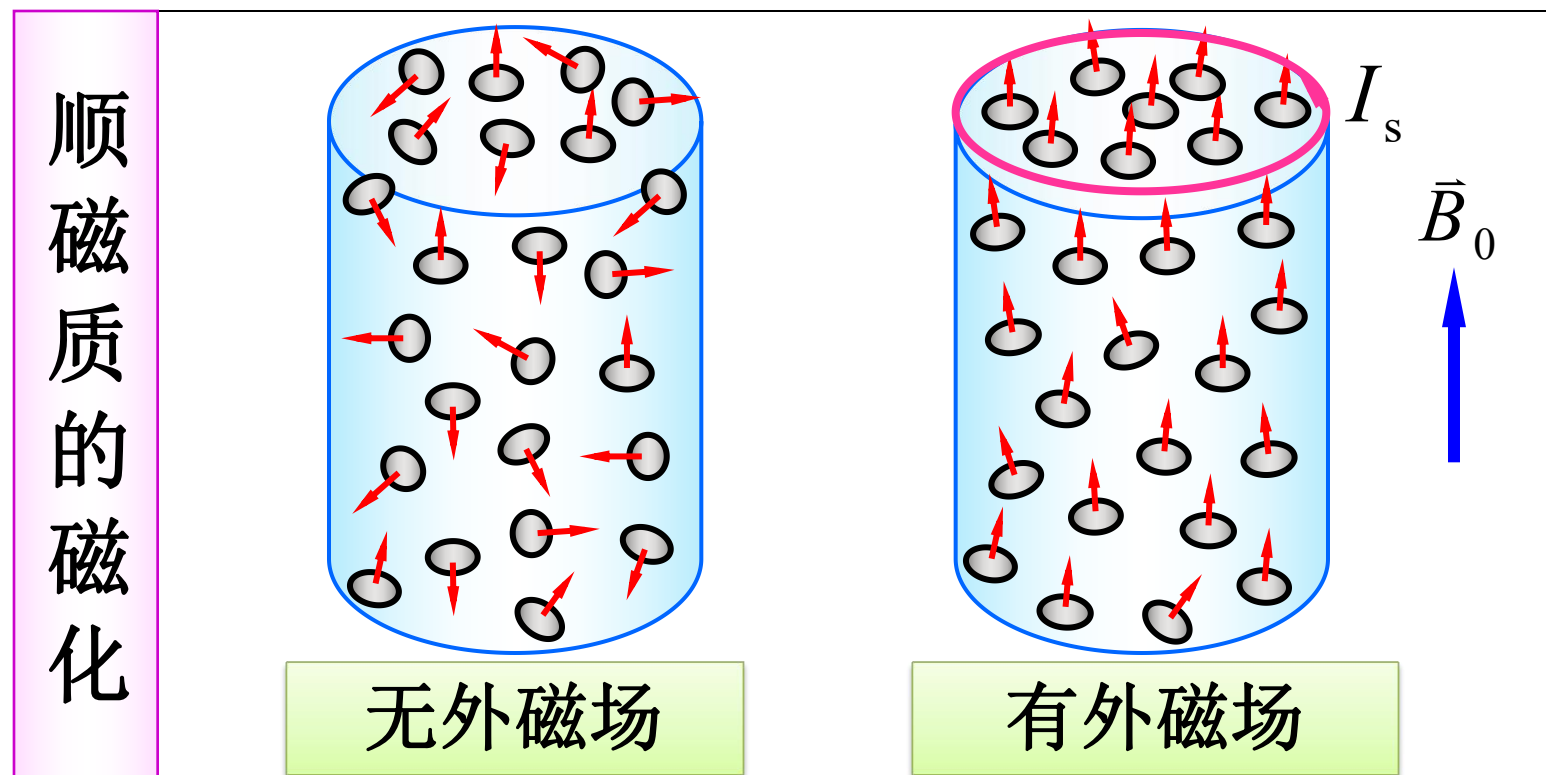
华南理工大学

South China University of Technology



顺磁质和抗磁质的磁化

- 顺磁质 顺磁质内总磁场 $B = B_0 + B'$
存在分子的固有磁矩, 且附加磁矩 \ll 固有磁矩。



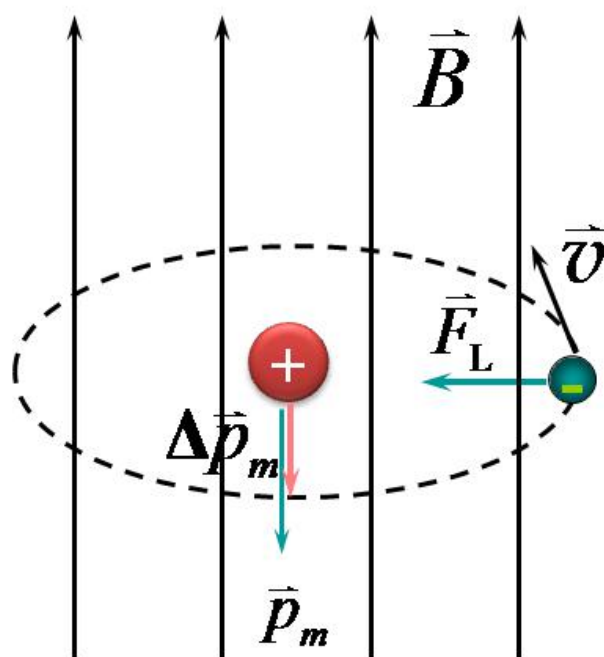
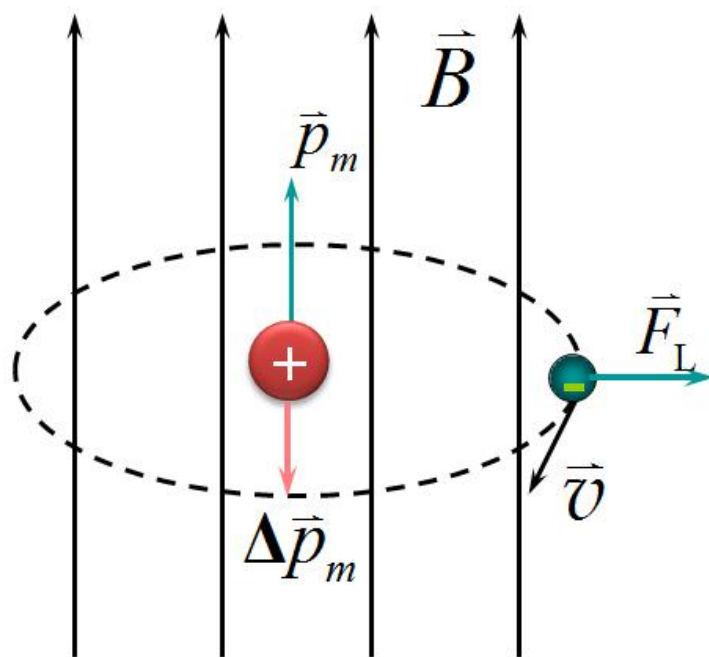


顺磁质和抗磁质的磁化

➤ **抗磁质** 无外磁场时分子固有磁矩为零 $\bar{p} = 0$

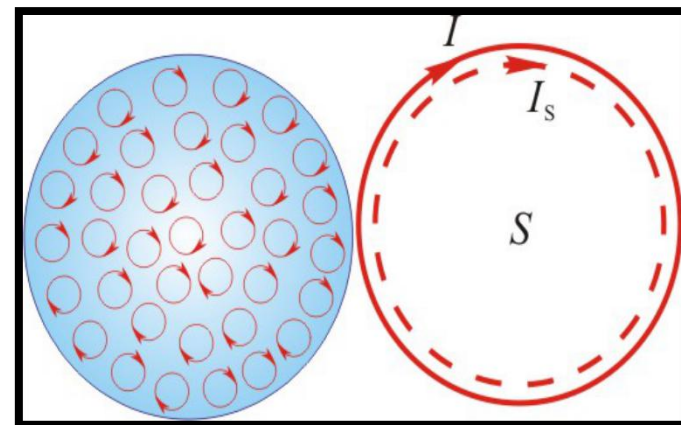
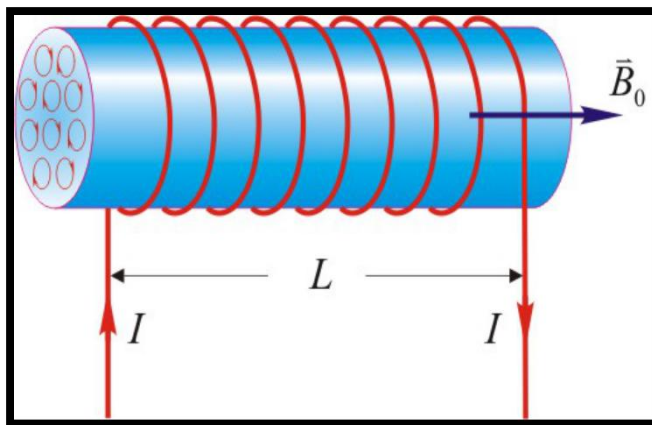
加外磁场后分子产生**附加磁矩**（与外磁场方向相反）

抗磁质内磁场 $B = B_0 - B' < B_0$



磁化电流

➤在长直螺线管内放入顺磁质



介质磁化以后，由于分子磁矩的有序排列，其宏观效果是在介质表面出现环形电流——磁化电流 I_s

□磁化电流与传导电流的区别

磁化电流是分子电流规则排列的宏观反映，并不伴随电荷的定向运动，不产生热效应。而传导电流是由大量电荷做定向运动而形成的。

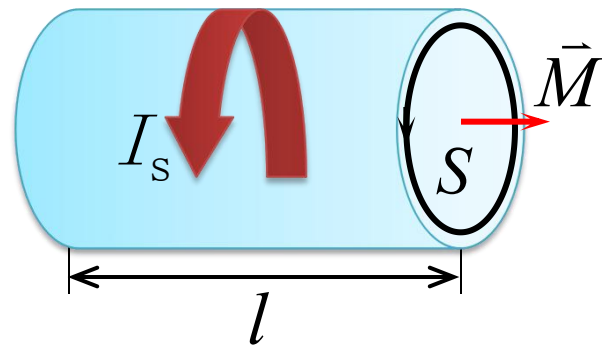


磁化强度

□磁化电流密度

介质表面单位长度上的磁化电流

$$j_s = \frac{I_s}{l}$$

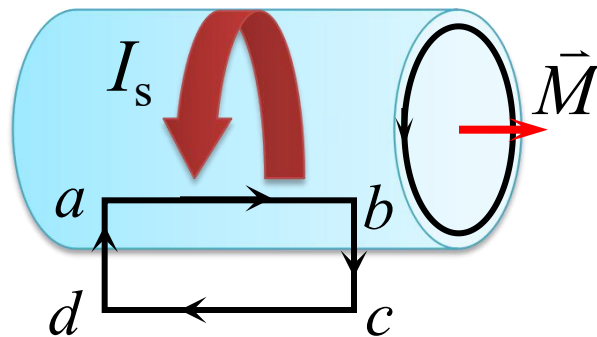


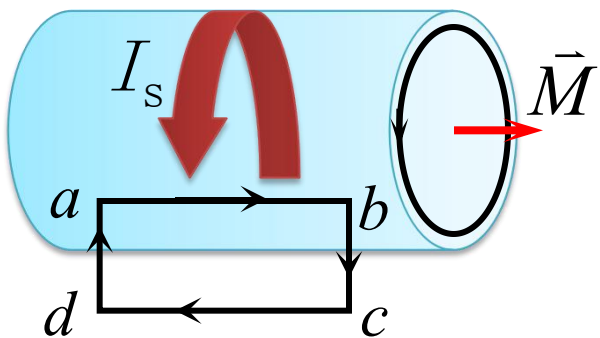
□磁化强度矢量

$$\vec{M} = \frac{\sum \vec{p}}{\Delta V}$$

$$|\vec{M}| = \frac{|\sum \vec{p}|}{\Delta V} = \frac{I_s S}{l S} = \frac{I_s}{l} = j_s$$

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





$$\int_b^c \vec{M} \cdot d\vec{l} = \int_d^a \vec{M} \cdot d\vec{l} = 0$$

$$\int_c^d \vec{M} \cdot d\vec{l} = 0$$

$$\oint_L \vec{M} \cdot d\vec{l} = \int_a^b \vec{M} \cdot d\vec{l} = M \overline{ab} = j_s \overline{ab}$$

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

结论：磁化强度 \vec{M} 沿闭合回路的环路积分，等于穿过回路所包围面积的磁化电流。

