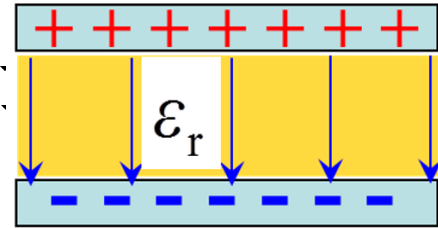


6.5.1 物质的磁性

复习，电介质： $E = \frac{E_0}{\epsilon_r}$ $\epsilon_r > 1$: 相对介电常数



磁介质： 放入磁场能显示出磁性的介质。

磁化现象： 磁介质放入磁场中显示磁性的现象

介质中总磁感应强度： 外场磁感应强度+附加磁感应强度

$$B = B_0 + B' = \mu_r B_0$$

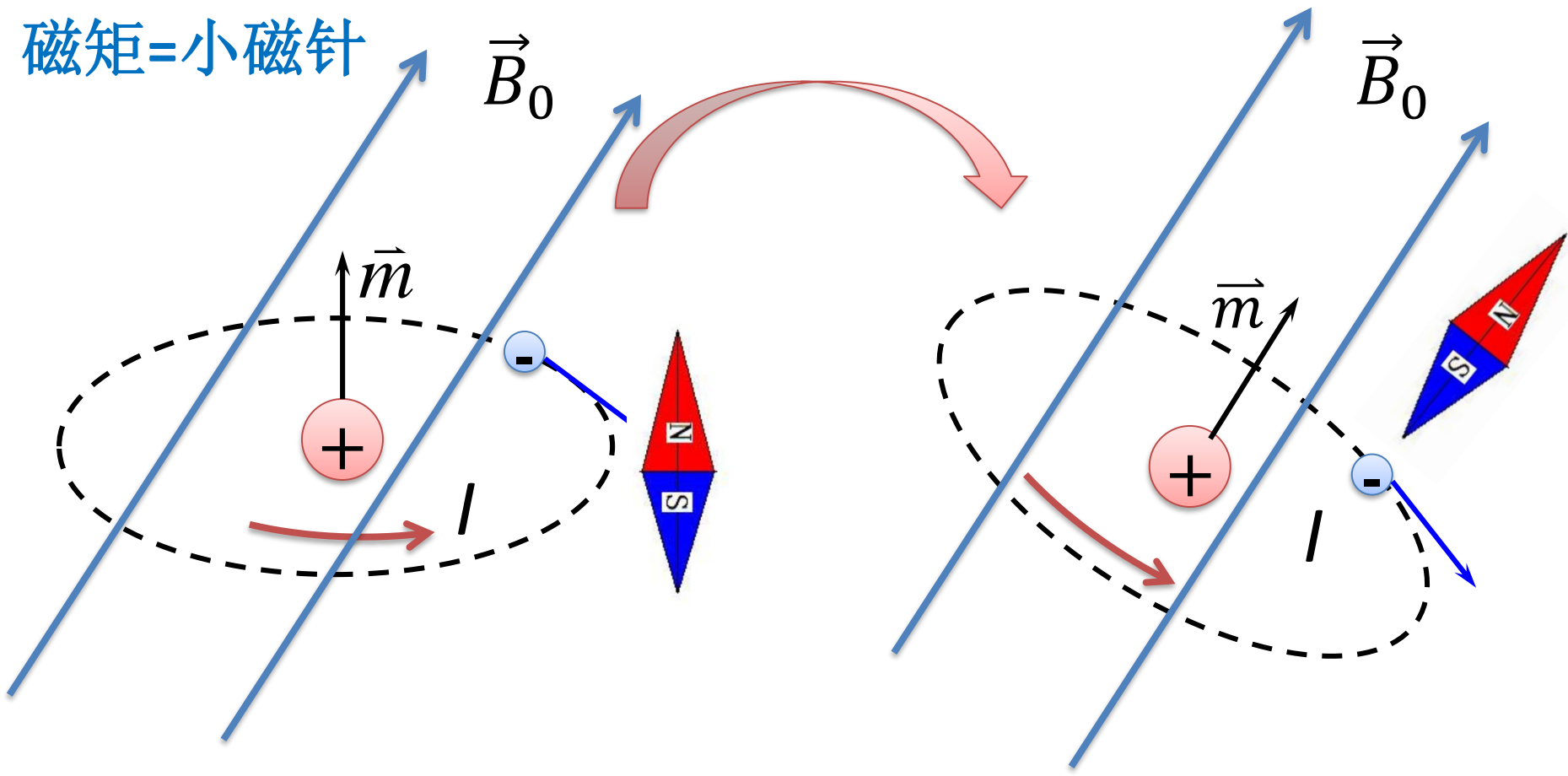
$\mu_r \gg 1$ 铁磁材料：纯铁、钴、镍 μ_r : **相对磁导率**

$\mu_r > 1$ **顺磁材料：** 铝 $\mu_r = 1$ 真空

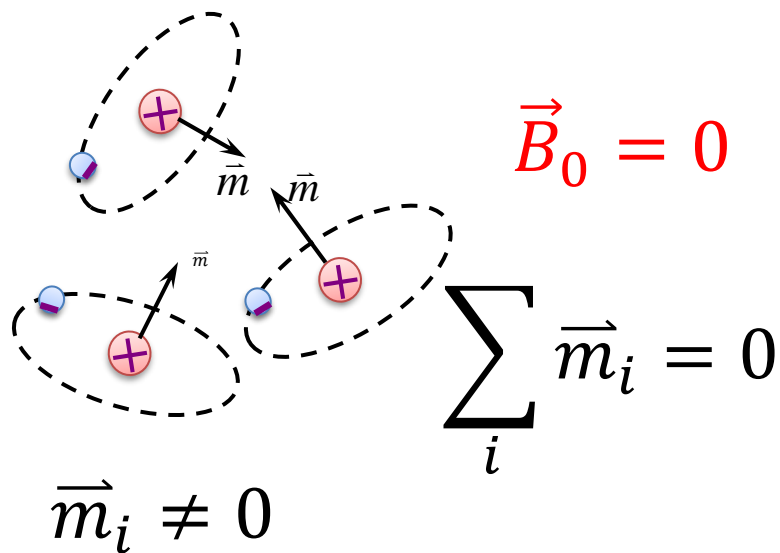
$\mu_r < 1$ **抗磁材料：** 铜

6.5.2 顺磁性

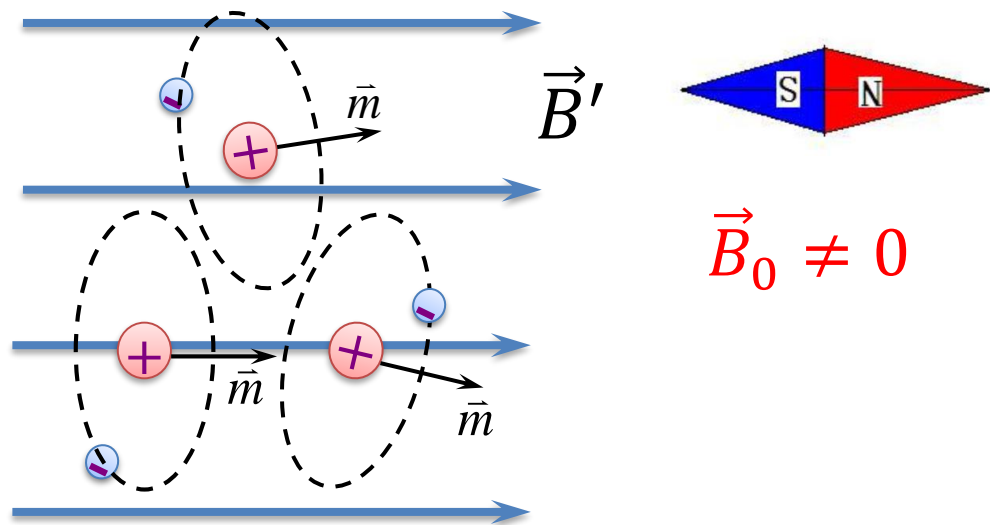
单电子绕原子核旋转产生**轨道磁矩**。此外还有**自旋磁矩**。
力矩作用下，分子磁矩产生旋转，至与外磁场方向相同



6.5.2 顺磁性



分子热运动，分子磁矩取向杂乱无章，整体无磁性



\vec{m}_i 沿 \vec{B}_0 方向顺排

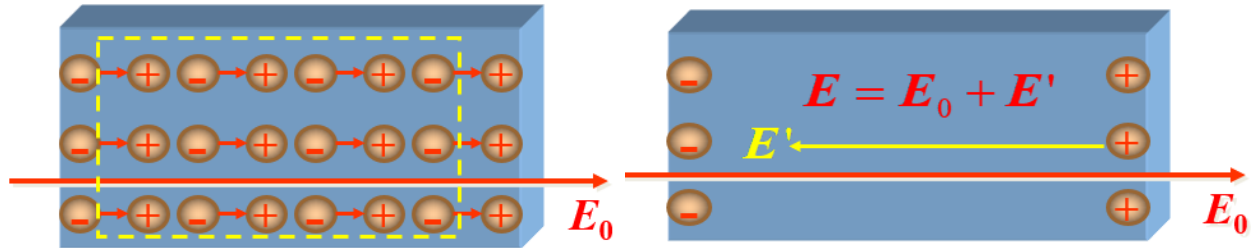
分子轨道有单电子 $\vec{B} = \vec{B}' + \vec{B}_0 > \vec{B}_0$

若轨道中电子配对，产生的电流会抵消。

6.5.3 磁化强度矢量

复习，电极化强度矢量：单位体积内电偶极矩的矢量和

$$\vec{P} = \sum_i \vec{p}_i / \Delta V$$

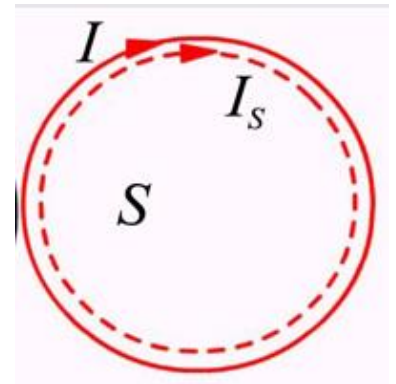
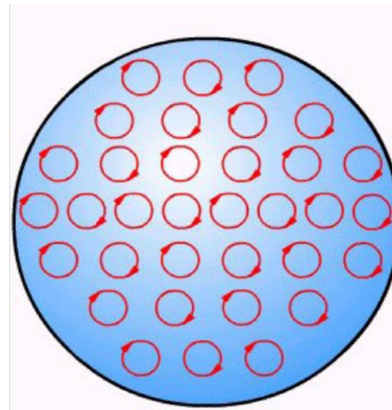


磁化强度矢量：衡量介质磁化程度。

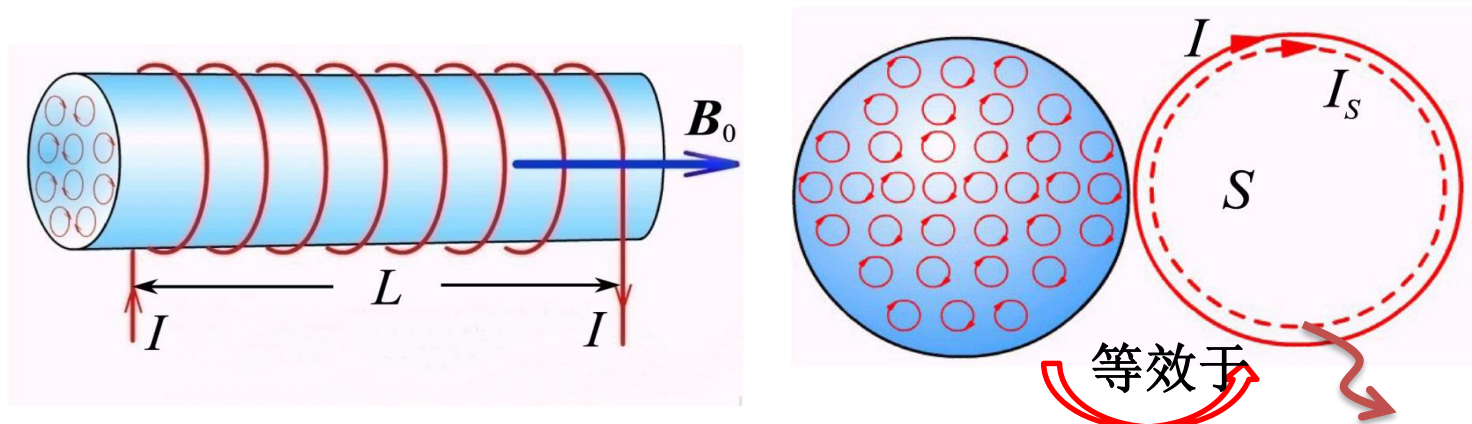
顺磁质：单位体积内，分子磁矩矢量和。

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

\vec{M} 与外磁场方向相同



6.5.3 磁化强度矢量



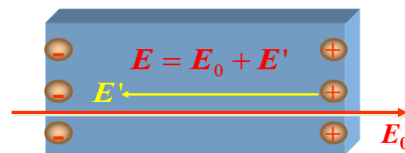
I_s 表面分子电流

表面束缚电流： 在磁介质表面，分子环流未被抵消，形成沿表面流动的电流。（只有电流的磁性质）

结论： 介质中磁场由外磁场和束缚电流产生的磁场共同决定。

介质中的磁场： 表面束缚电流产生附加磁场。

介质中的电场： 表面束缚电荷产生附加电场。



6.5.4 磁化强度与分子电流

复习：电极化强度与极化电荷面密度

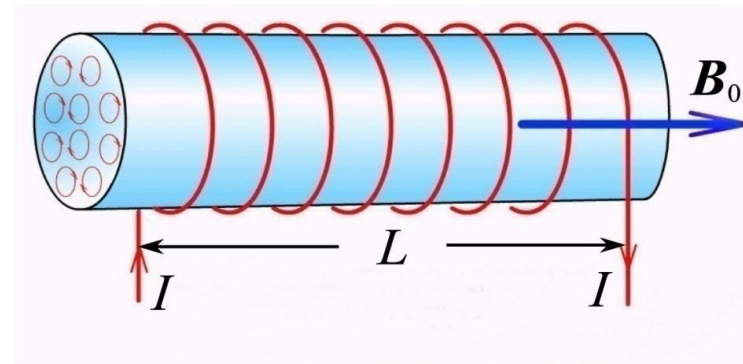
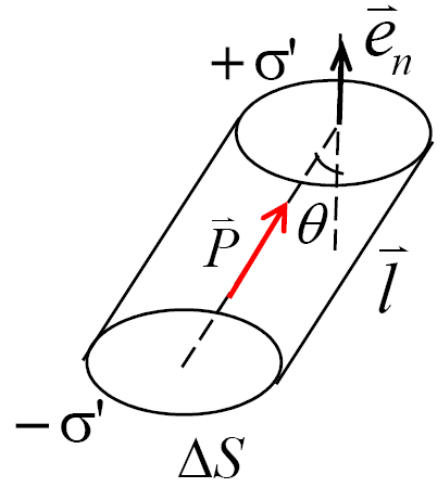
$$\sigma' = P \cos \theta = P_n$$

磁化强度 \vec{M} ： 磁矩： $\vec{m} = I\vec{S}$

$$\vec{M} = \frac{\sum_i \vec{m}_i}{\Delta V} = \frac{I_S S \vec{e}_n}{L S} = \vec{i}_s \vec{e}_n$$

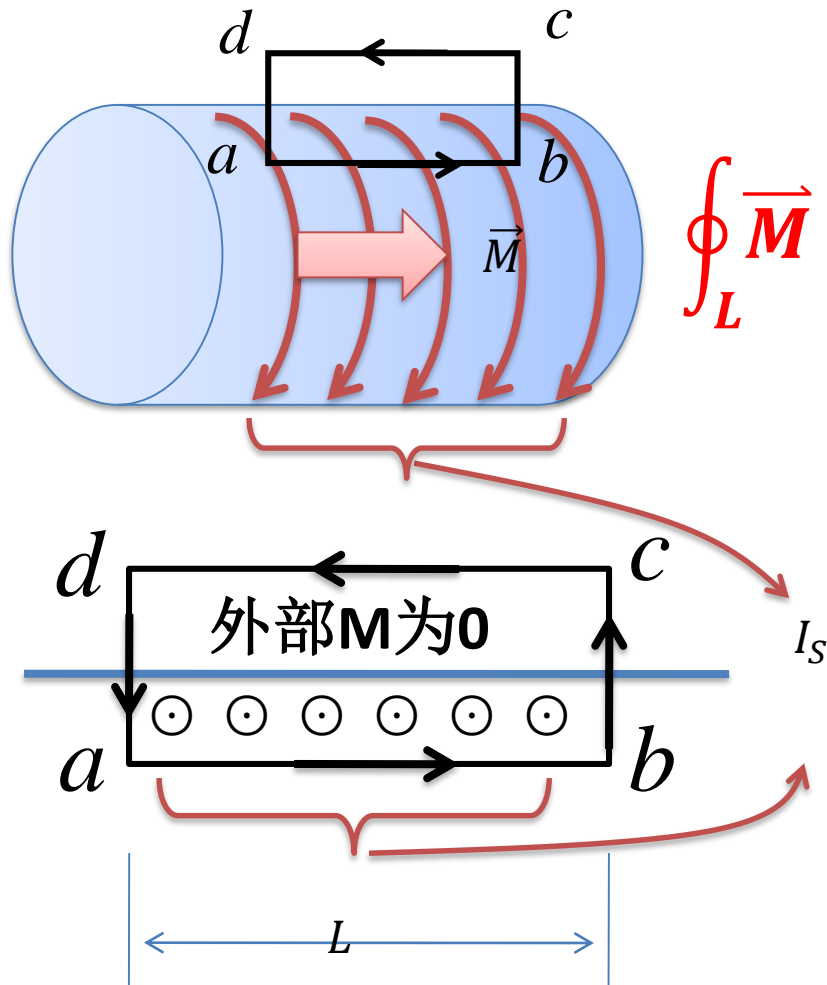
分子电流的线密度：

$$\vec{i}_s = \frac{I_S}{L}$$



6.5.4 磁化强度与分子电流

磁化强度的环流等于环路包围的表面分子电流



$$\begin{aligned}\oint_L \vec{M} \cdot d\vec{r} &= \int_a^b + \int_b^c + \int_c^d + \int_d^a \vec{M} \cdot d\vec{r} \\ &= \int_a^b \vec{M} \cdot d\vec{r} = \int_a^b i_s \vec{e}_n \cdot d\vec{r} \\ &= \int_a^b i_s dr = i_s L = \mathbf{I_s}\end{aligned}$$

6.5.5 磁介质的环路定理

安培环路定理: $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{r} = \mu_0 \sum I_i = \mu_0(I + I_S)$

表面分子电流: $\oint_L \vec{M} \cdot d\vec{r} = I_S$

$$\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{r} = \mu_0 \left(I + \oint_L \vec{M} \cdot d\vec{r} \right) \Rightarrow \oint_L \left(\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \right) \cdot d\vec{r} = I$$

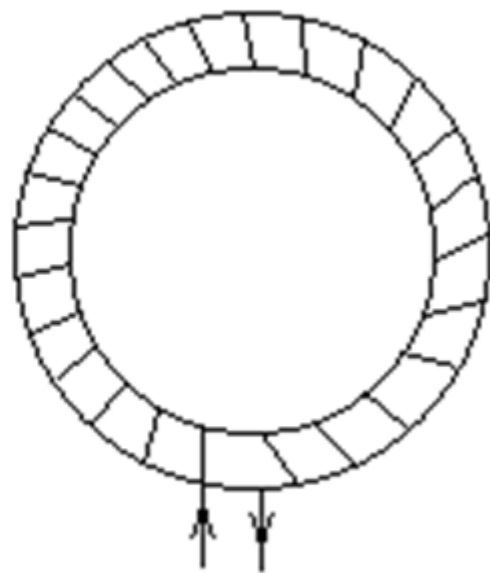
$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$$

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{r} = I$$

磁场强度: 辅助量

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q + q'}{\epsilon_0} \quad \vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = \epsilon \vec{E} \quad \oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = q$$

如图所示的一细螺绕环，它由表面绝缘的导线在铁环上密绕而成，每厘米绕 10 匝。当导线中的电流 I 为 2.0A 时，测得铁环内的磁感应强度的大小 B 为 1.0 T，则可求得铁环的相对磁导率 μ_r 为 (真空磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T \cdot m \cdot A^{-1}$)



$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{r} = I \quad \vec{B} = \mu \vec{H}$$

$$3.98 \times 10^2$$

6.5.6 \vec{B} 、 \vec{M} 、 \vec{H} 的关系

磁场强度： $\vec{H} = \frac{q_m}{4\pi\mu_0 r^2} \vec{e}_r$ 磁荷意义下的磁场强度。

磁化强度 \vec{M} 、磁感应强度 \vec{B} 、磁场强度 \vec{H}

电极化强度 \vec{P} 、电位移矢量 \vec{D} 、电场强度 \vec{E}

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

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

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

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

$$\mu_0 \vec{M} = \mu_0 \chi_m \vec{H}$$

$$\vec{P} = \epsilon_0 \chi_e \vec{E}$$

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

$$\vec{P} = \frac{\chi_e}{\epsilon_r} \vec{D}$$

6.5. 物质磁性作业

6.38 6.41