

大学物理学电子教案

磁介质

7-9-1 磁介质、磁化强度

7-9-2 磁介质中的安培环路定理

磁场强度

7-9-3 铁磁质



磁场中的磁介质

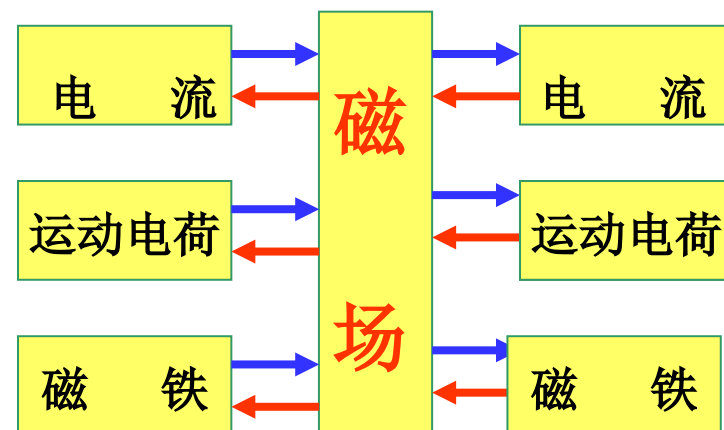
讨论磁场和磁介质的相互作用：

- 磁介质的三种类型：
 顺磁质、抗磁质、铁磁质

- 磁介质对磁场的影响

- 磁场强度、磁化强度及其规律

- 铁磁质的特征



7-9-1 磁介质 磁化强度

一、磁介质

1、什么是磁介质

能够磁化的物质称作**磁介质**。

2、磁介质的磁化

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

磁介质中的
总磁感强度

真空中的
磁感强度

介质磁化后的
附加磁感强度

\mathbf{B}' 的方向，随磁介质的不同而不同。

3、磁介质的分类

原则—— B' 与 B_0 方向

顺磁质

B' 与 B_0 同向， $B > B_0$ ，
如氧、铝、钨、铂、铬等

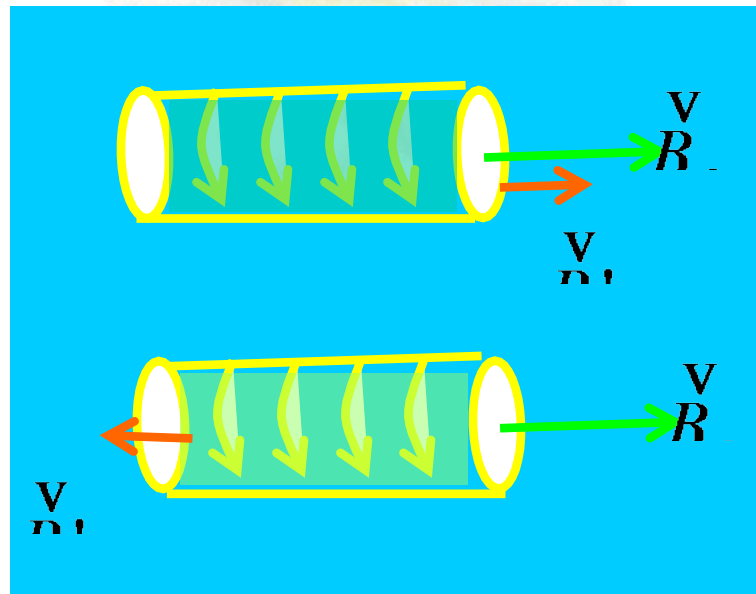
抗磁质

B' 与 B_0 反向， $B < B_0$ ，
如氮、水、铜、银、金、铋等。

铁磁质

B' 与 B_0 同向， $B > B_0$ ， $B \gg B_0$ ，
如铁、钴、镍等。

顺磁质和抗磁质又称为弱磁质。

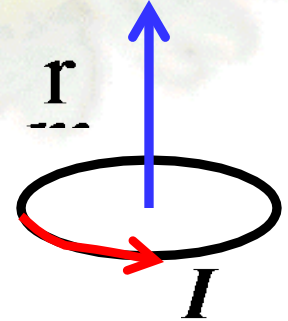


二、磁介质的磁化

1、分子电流和分子磁矩

在物质的分子中

电子绕原子核作轨道运动——**轨道磁矩**；
电子有自旋——**自旋磁矩**。



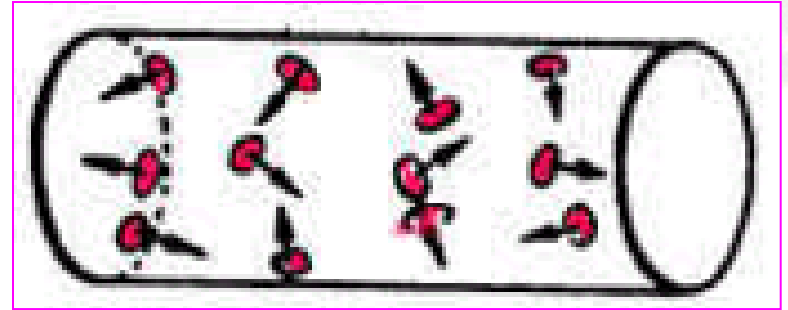
分子内全部电子的全部磁矩的矢量和，称为分子的固有磁矩——**分子磁矩**。

分子磁矩能够用一种**等效的圆电流**来表达。

2、顺磁质磁化机理——来自分子的固有磁矩

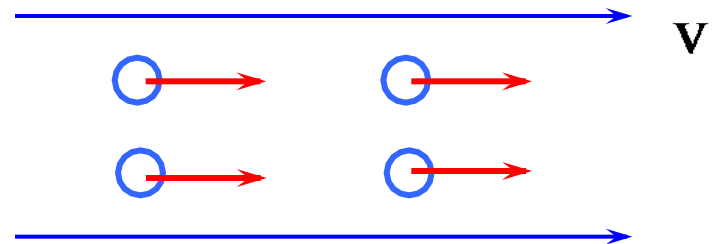
无外磁场:

分子的无规则热运动
分子磁矩取向混乱
物质并不显磁性
——未磁化状态

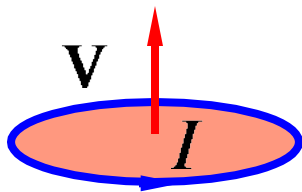


加外磁场:

- 分子固有磁矩受外磁场的作用
- 分子磁矩沿外磁场方向排列
- 产生附加的磁场

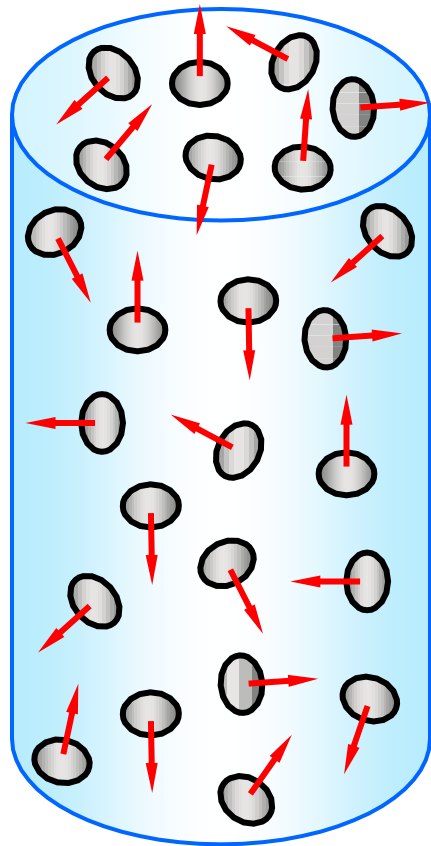


分子圆电流和磁矩

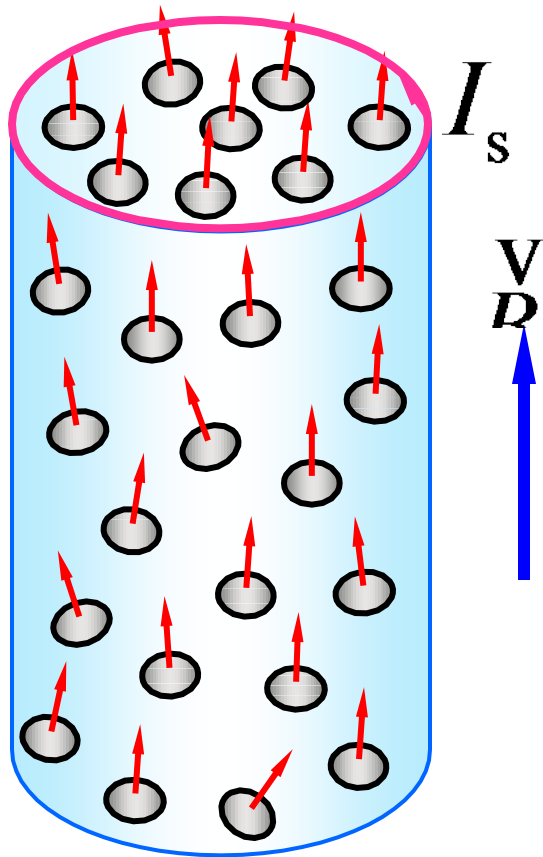


$$B = B_0 + B'$$

顺磁质的磁化



无外磁场



有外磁场

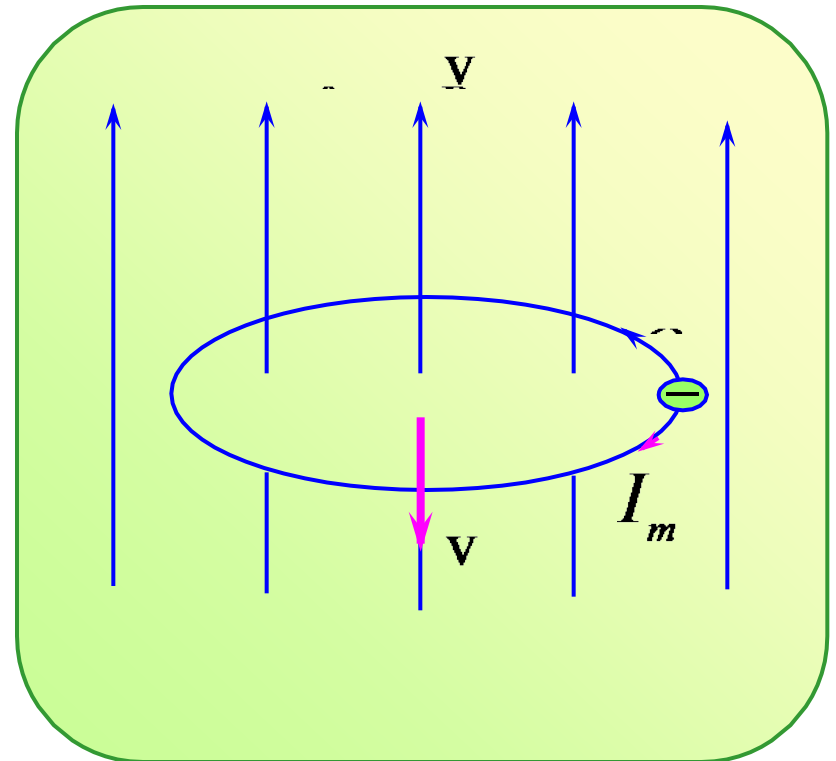
3、抗磁质磁化机理——附加轨道磁矩

无外磁场:

分子中每个的轨道磁矩和自旋磁矩的矢量和不为零，但分子的固有磁矩等于零，所以不显磁性。

加外磁场:

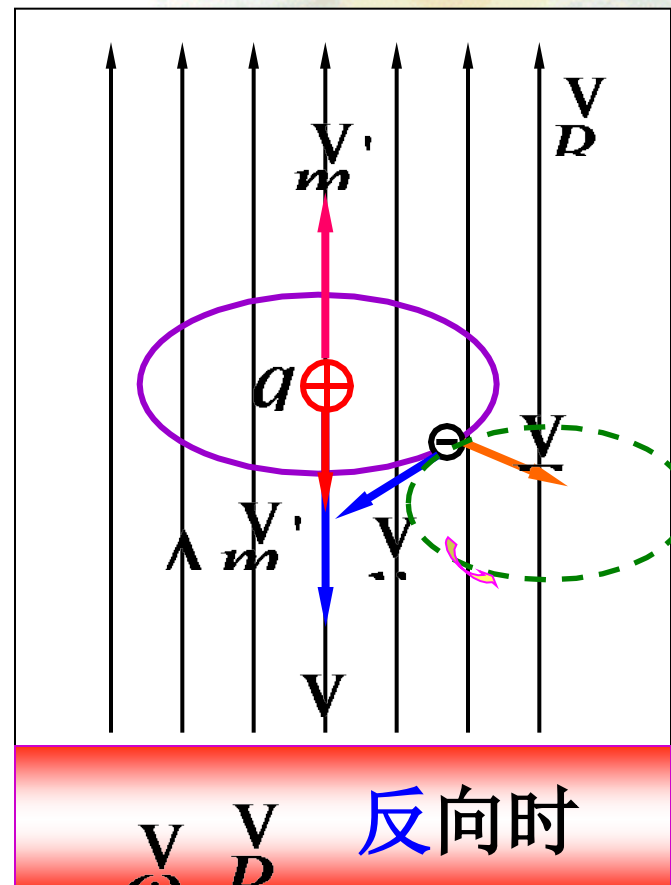
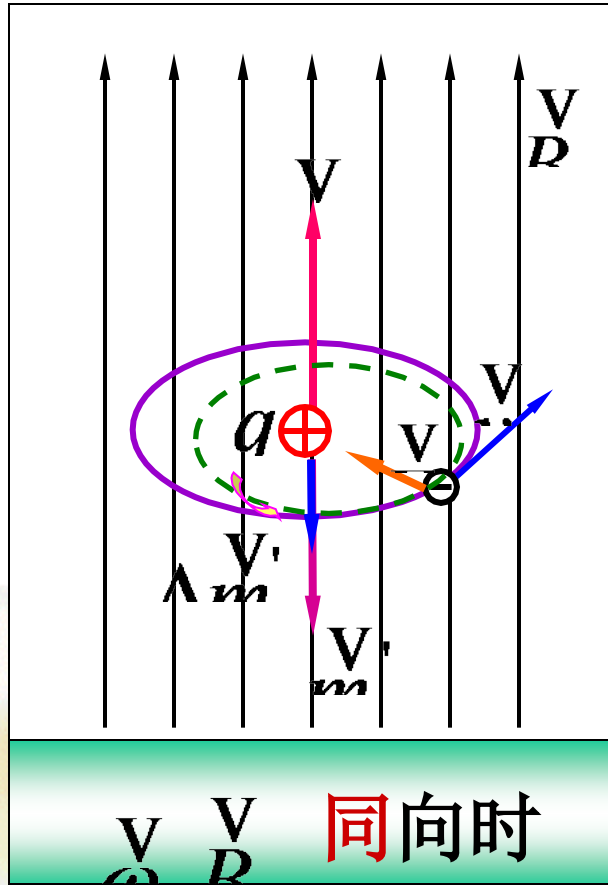
分子中电子的轨道运动将受到影响
——引起与外磁场的方向相反的附加的轨道磁矩
——磁感应强度比外磁场强度要略小一点。



无外磁场时抗磁质分子磁矩为零

$\mathbf{V} = \mathbf{0}$

抗磁质的磁化



抗磁质内磁场 $B = B_0 - B'$

三、磁化强度

1、引入：

用单位体积内的分子磁矩的矢量和来描述磁介质磁化的程度。

2、定义：

磁介质中单位体积内的合磁矩的矢量和，称为磁化强度。

$$\mathbf{M} = \frac{\sum \mathbf{m}}{\Delta V}$$

3、单位：

安培/米 (A/m^{-1})

4、阐明：

- 磁化强度是描述磁介质的宏观量
- 与介质特征、温度与统计规律有关

四、有磁介质时的磁高斯定理

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

磁介质存在时，磁感应线仍是一系列无头无尾的闭合曲线

对于任意闭合曲面 S

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \oint_S \vec{B}_0 \cdot d\vec{S} + \oint_S \vec{B}' \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

7-9-2 磁介质中的安培环路定理 磁场强度

一、磁介质中的安培环路定律

1、问题：

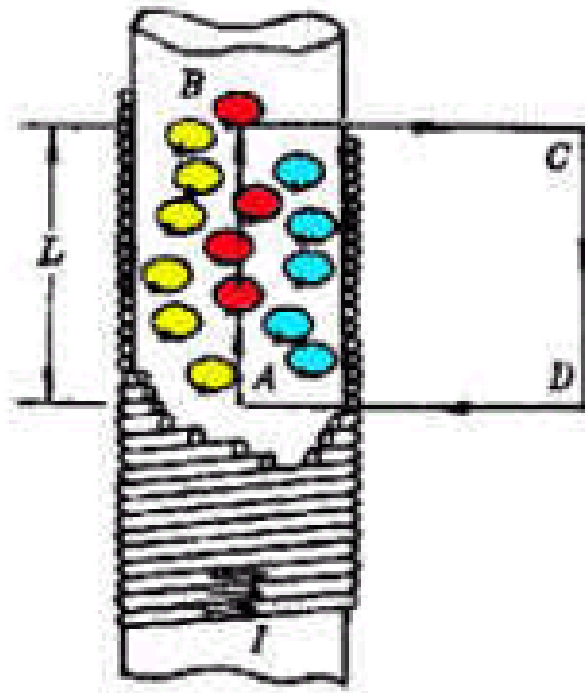
长直螺线管

管中充斥磁化强度为 M 的各向同性的均匀磁介质

线圈中的电流为 I

计算螺线管内磁介质中的磁感应强度。

取闭合回路ABCDA



分布电流

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_i = \mu_0 (NI + I_s)$$

传导电流

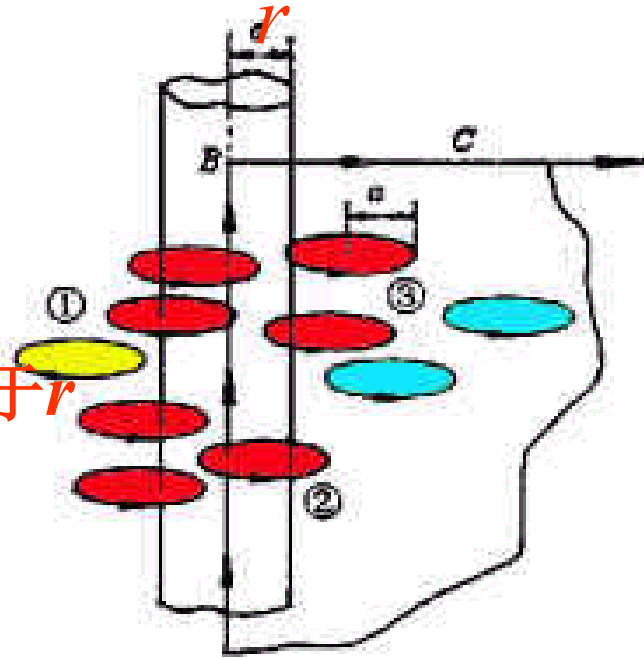
2、分布电流（磁化电流）

圆电流①——没有贡献，在闭合途径之外

圆电流②——有贡献

圆电流③——无贡献，流出流入代数数和为0

只有分子圆电流中心距直线AB的距离不大于r的分子圆电流才对 I_S 有贡献。



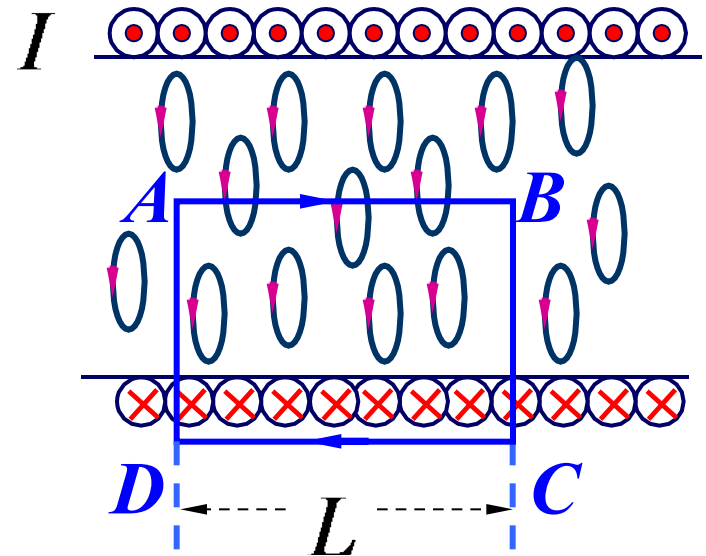
$$I_S = n \pi r^2 L \cdot I' = nmL$$

$$m = I' \pi r^2 \quad \vec{M} = \frac{\sum \vec{m}}{\Delta V} = nm$$

$$I_S = ML = \int \vec{M} \cdot d\vec{l} = \oint \vec{M} \cdot d\vec{l}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(NI + \oint \vec{M} \cdot d\vec{l} \right)$$

$$\oint \left(\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \right) \cdot d\vec{l} = NI = \sum I$$



3、磁介质中的安培环路定律

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

磁场强度

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I$$

磁介质中的安培环路定理：磁场强度沿任何闭合回路的线积分，等于经过该回路所包围的传导电流的代数和。

4、阐明

- 磁场强度是一种辅助物理量。
- 磁场强度单位： $\text{A} \cdot \text{m}^{-1}$
- 磁场强度的环流只与穿过闭合回路的传导电流有关，而与磁化电流无关。

磁介质中的安培环路定理

$$\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I + \mu_0 \sum i'$$

$$\oint_l \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I + \mu_0 \oint_l \vec{M} \cdot d\vec{l}$$

$$\oint_l \left(\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \right) \cdot d\vec{l} = \sum I$$

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

$$\oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I$$

电介质中的高斯定理

$$\oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum (q_0 + q')$$

$$\oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_0 - \frac{1}{\epsilon_0} \oiint_S \vec{P} \cdot d\vec{S}$$

$$\oiint_S (\epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}) \cdot d\vec{S} = \sum q_0$$

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

$$\oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum q_0$$

二、磁场强度与磁感应强度的关系

1、定义式

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \quad \vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M})$$

2、磁场强度与磁感应强度的关系

磁化率 $\vec{M} = \kappa_m \vec{H}$

试验规律

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

相对
磁导率

$$\mu_r = 1 + \kappa_m$$

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

顺磁质: $\kappa_m > 0$, $\mu_r > 1$, M 与 B 同向

抗磁质: $\kappa_m < 0$, $\mu_r < 1$, M 与 B 反向

绝对磁导率

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/498002050010006132>