

18.3 铁磁质

铁磁质：铁、镍、钴等金属及其合金与氧化物等磁性很强的物质。

➤铁磁质性质

□在外磁场的作用下能产生很强的附加磁场 ($B \gg B_0$)

□外磁场停止作用后，仍能保持其磁化状态

□相对磁导率 $\mu_r \gg 1$ ，且不是常数

□具有临界温度 T_c 。在 T_c 以上，铁磁性完全消失而成为顺磁质， T_c 称为居里温度或居里点



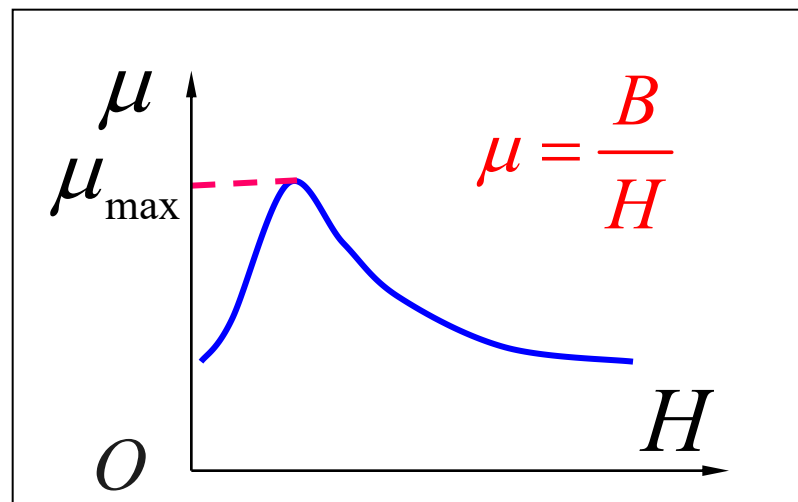
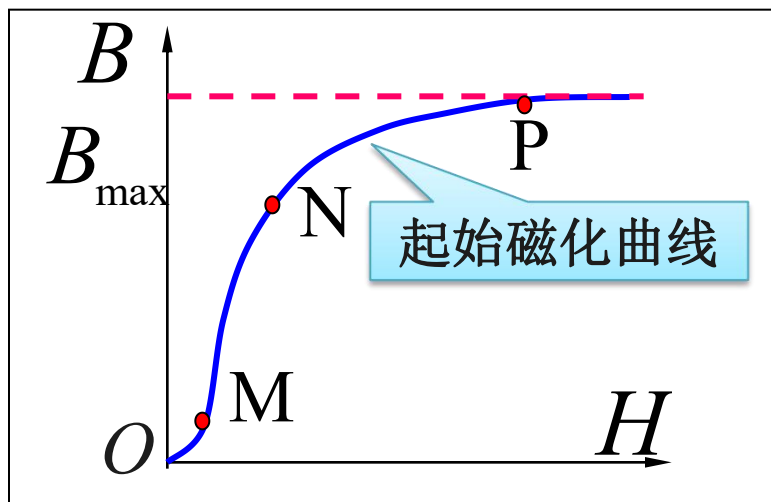
铁磁质的磁化规律

磁化曲线：描述磁介质磁化过程的曲线， H - B 关系曲线或 μ - H 关系曲线。

□ 根据磁介质中的安培环路定理 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I$ 确定**磁场强度** H

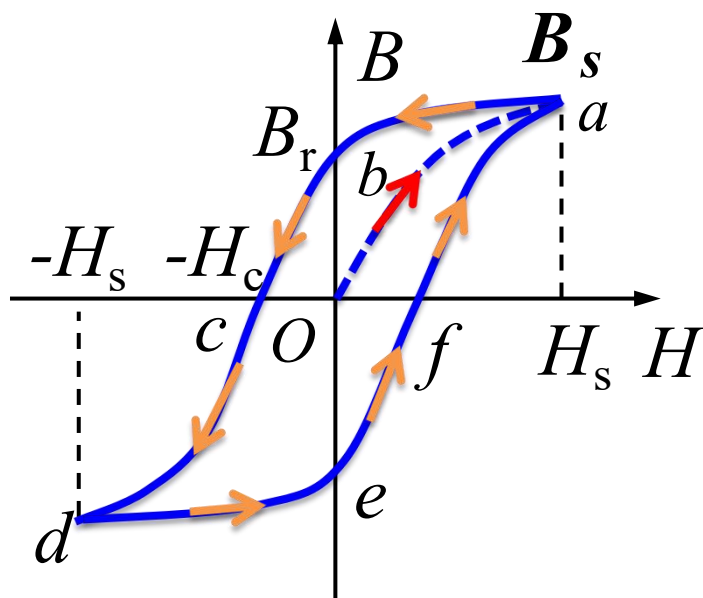
□ 根据电磁感应定律可以测量**磁感应强度** B

➤铁磁质的磁化曲线



磁滞现象&磁滞回线

实验表明，各种铁磁质的起始磁化曲线都是“不可逆”的：当 H 减小到零时，铁磁质内 B 还保持有一定的值——剩磁 B_r ，称为“磁滞现象”。



Oa : 起始磁化曲线

B_s : 饱和磁感应强度

B_r : 剩余磁感应强度

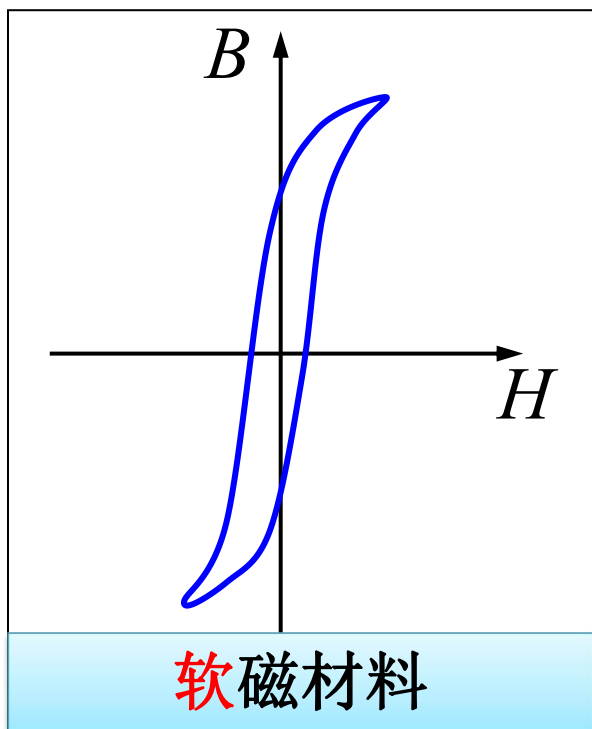
H_c : 矫顽力

□ 磁滞效应消耗的能量（磁滞损耗）与磁滞回线所包围的面积成正比。



铁磁性材料的分类

按铁磁质**矫顽力的大小**可将铁磁质分为**软磁材料**、**硬磁材料**和**矩磁材料**等几类。



➤ 软磁材料

如 纯铁，坡莫合金(含 Fe, Ni)，硅钢，铁氧体等。

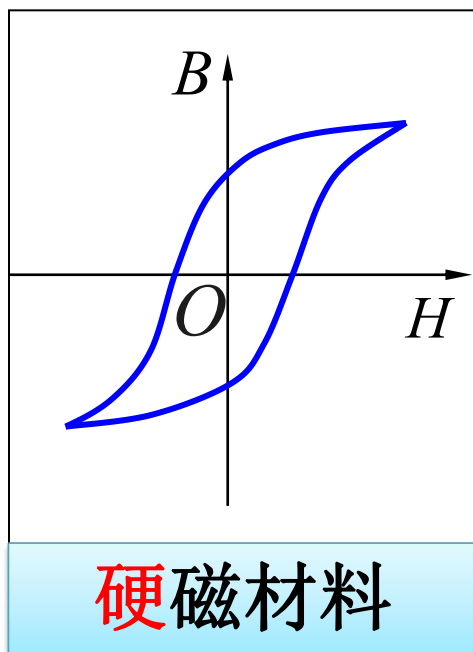
□ 矫顽力(H_c)小，磁滞回线的面积窄而长，磁滞损耗小。

□ 易磁化、易退磁。

□ 适用于变压器、继电器、电机、以及各种高频电磁元件的磁芯、磁棒。



铁磁性材料的分类



➤ 硬磁材料

钨钢，碳钢，铝镍钴合金

□ 矫顽力(H_c)大，剩磁 B_r 大
磁滞回线的面积大，损耗大。

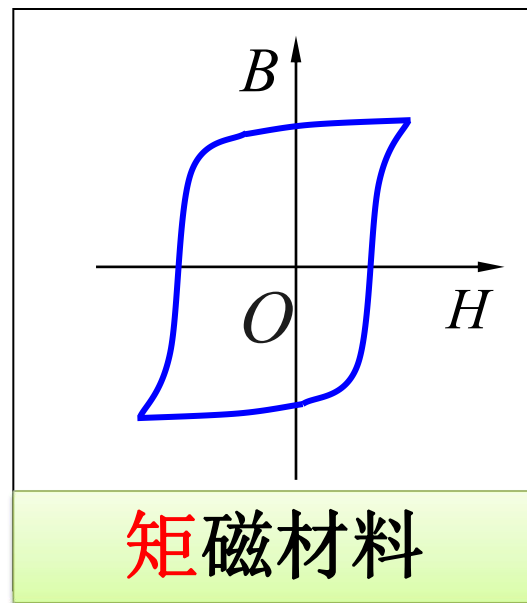
□ 适用于做永磁铁。耳机中的永久磁铁，永磁扬声器。

➤ 矩磁材料

锰镁铁氧体，锂锰铁氧体

□ $B_r = B_s$ ， H_c 很大，磁滞回线接近矩形。

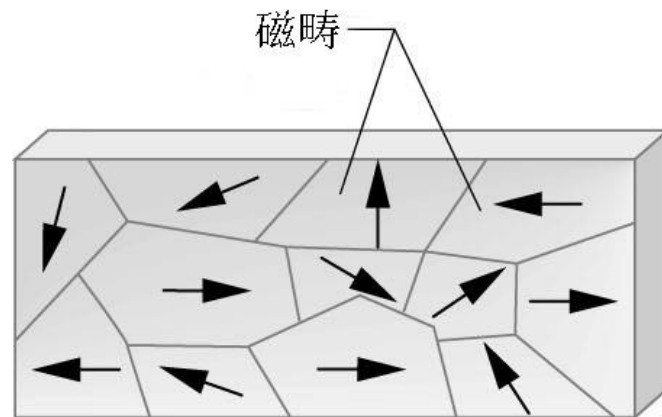
□ 用于计算机中的记忆元件。



铁磁质磁化的机制

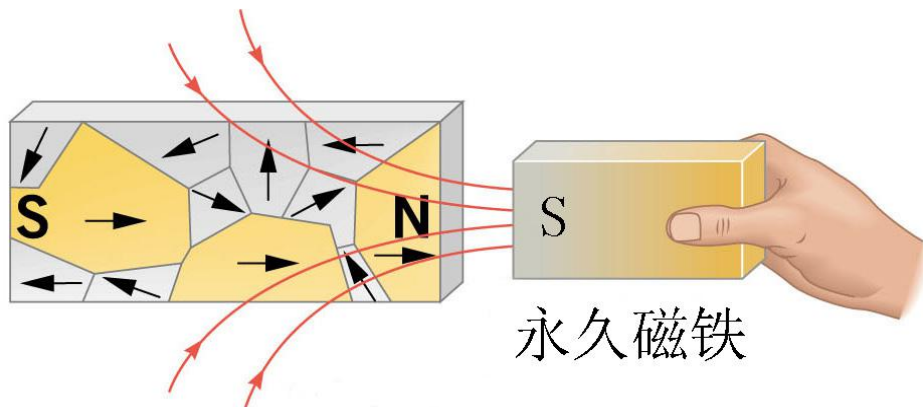
□ 铁磁性主要来源于电子的自旋磁矩。

□ **磁畴**：铁磁质内部相邻原子的磁矩会在一个微小的区域内形成方向一致、排列非常整齐的“自发磁化区”，称为**磁畴**。



磁畴体积： $10^{-12} \sim 10^{-8} \text{ m}^3$

每个磁畴所含原子数： $10^{17} \sim 10^{21}$



在**外磁场**中：

✓ 畴壁的**移动**

✓ 磁畴内磁矩的**转向**



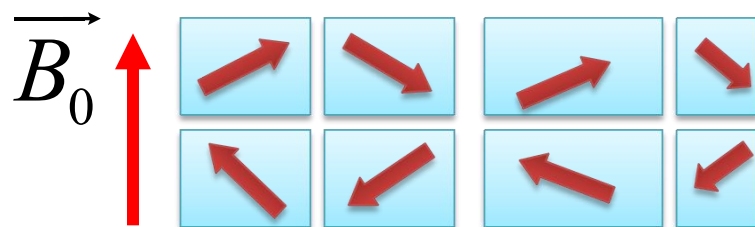
华南理工大学

South China University of Technology

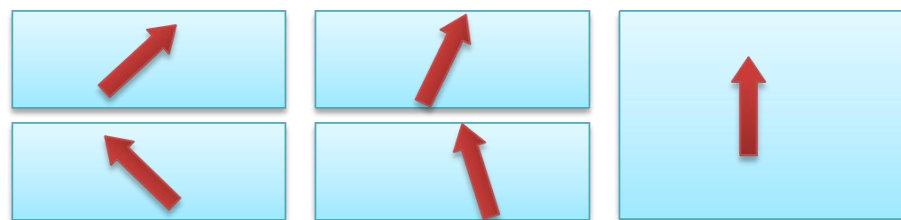
磁畴理论



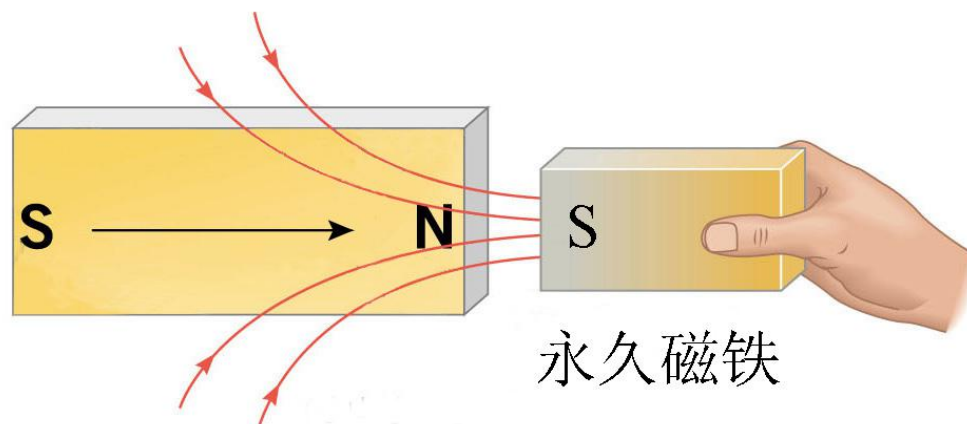
畴壁移动



磁畴转向



自发磁化方向逐渐转向外磁场方向(**磁畴转向**), 直到所有磁畴都沿外磁场方向整齐排列时, 铁磁质就达到**磁饱和状态**。



每个磁畴元磁矩完全排列, 磁化强度非常大, 导致磁性很强。



总结

- 当全部磁畴都沿外磁场方向时，铁磁质的磁化就达到饱和状态。饱和磁化强度 M_s 等于每个磁畴中原来的磁化强度，该值很大。

——这就是铁磁质磁性 μ_r 大的原因

- 磁滞现象是由于材料有杂质和内应力等的作用，当撤掉外磁场时，磁畴的畴壁很难恢复到原来的形状而表现出来。
- 当温度升高时，热运动会瓦解磁畴内磁矩的规则排列。在临界温度（相变温度 T_c ）时，铁磁质完全变成了顺磁质。居里点 T_c (Curie Point)
如：铁为 1040 K，钴为 1390 K，镍为 630 K





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 (10月28日周五)
- 作业用A4纸, 不抄题, 有题号
- 选择&填空题要有解题过程

