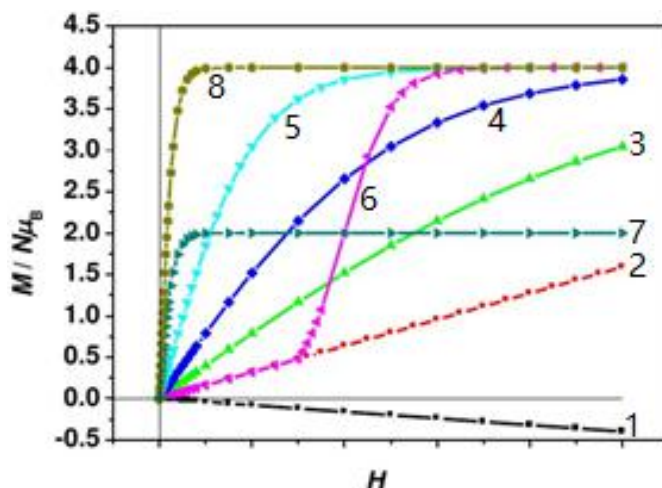


磁性材料

通常所说的磁性材料是指铁磁性物质，即指由过渡金属元素铁、钴、镍及其合金等组成的能够直接或间接产生磁性的物质，是用途十分广泛的一类功能材料。我们的祖先发明了指南针，开启了利用磁现象的大幕。现实生活中，磁性物质无处不在，银行卡、磁悬浮列车、磁共振成像检查等等。

实验表明，任何物质在外磁场中都能够或多或少地被磁化，只是磁化的程度不同。根据物质在外磁场中表现出的特性，将其分为五类：顺磁体(Paramagnet)，抗磁体(Diamagnet)，铁磁体(Ferromagnet)，反铁磁体(Antiferromagnet)，亚铁磁体(Ferrimagnet)。不同磁体在外磁场中的磁化强度曲线见图 10.3 所示。



- 1.抗磁体；2.反铁磁体；3.顺磁与反铁磁耦合；4.顺磁体；5.顺磁与铁磁耦合；6.变磁体；7.亚铁磁体；8.铁磁体

图 10.3 不同磁体的磁化强度曲线

研究发现，许多过渡金属和稀土离子的配合物具有磁性，这类磁性配合物按分子维度不同可分为：零维分子基磁体、一维磁性链、二维和三维有序分子磁体。它们在计算机、通讯、航空航天、微电子、生物和医学等领域显示出诱人的应用前景。

除了以上这些传统的磁性表现之外，在 1997 年六月，美国科学家首次报道了一种 $Gd_5(Si_2Ge_2)$ 合金，表现出了巨大的磁熵变，并且其熵变温度在 276 K，显示出了作为磁制冷材料的巨大潜力。图 10.4 为 $Gd_5(Si_2Ge_2)$ 合金在外磁场中产生磁熵变，从而导致环境温度减低，出现制冷现象的模拟图，1 为磁场发生器，2 为 $Gd_5(Si_2Ge_2)$ 合金，3 和 4 表示合金周围环境温度的降低。磁制冷就是利用磁热

效应的一种制冷方式，早在 1907 年郎杰斐就注意到，顺磁体绝热去磁过程中，其温度会降低。从机理上说，固体磁性物质在受磁场作用磁化时，系统的磁有序度加强(磁熵减小)，对外放出热量。再将其去磁，则磁有序度下降(磁熵增大)，又要从外界吸收热量。这种磁性系统在磁场施加与除去过程中所出现的热现象称为磁热效应。目前，具有较好磁制冷效应的金属离子主要集中在稀土离子之中，过渡金属离子当前的研究相对较少，其中一个有前景的是 Mn 和 Fe 离子的簇状配合物，在 2000 年和 2005 年就有科学家报道过。

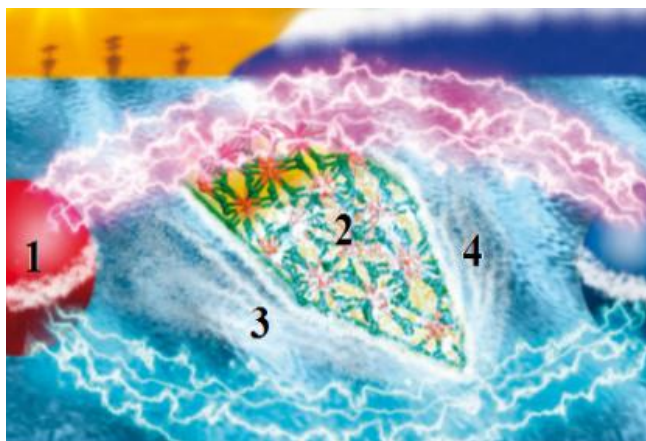


图 10.4 $Gd_5(Si_2Ge_2)$ 合金在磁场中展现出巨大的磁熵变

2016 年，美国的磁制冷厂商发布了首个商用的磁制冷系统，意味着磁冰箱开始逐步取代传统的压缩机冰箱。众所周知，电冰箱和空调装置使用的制冷剂—氟利昂会污染环境，而用磁制冷原理制作的冰箱则不仅不会破坏环境，而且效率要比用氟利昂制冷高 40%，成本也低 25%。此外，磁制冷在空间和核技术等国防领域也有广泛的应用前景。在这个领域里，要求冷源设备的重量轻、振动和噪音小、操作方便、可靠性高、工作周期长、工作温度和制冷量范围广。磁制冷机完全符合这些条件，例如，冷冻激光打靶的氙丸，核聚变的氘和氚丸，红外元件的冷却，磁窗系统的冷却，扫雷艇超导磁体的冷却等。