

(1) 以下の文中の(a)~(g)に最も適切な用語を選択肢から選び、正しい文を完成させ、「(a) 1」のように解答せよ。

「分子などに対して入れ替えや移動を行う前後で見かけの区別がつかない場合それを (a) と呼び、(a) をするために用いる「点」、「直線」、「面」などをまとめて (b) と呼ぶ。「点」に対する (a) を (c)、「直線」に対する (a) を (d)、面に対する (a) を (e) と呼び、その他の「恒等」、「回反 (回映)」と共にどのような種類の (a) を行うための (b) がいくつあるかという組み合わせが (f) と呼ばれる。物性化学で扱われる結晶性固体においては、構成分子自体の対称性はもちろん、それらの相対的配置による対称性も重要であり、結晶ならではの制約も現れる。例えば「直線」に対する (a) に付随する数が 1~6 の場合に、結晶学的に存在しえない数は (g) である」(15 点)

用語：1、2、3、4、5、6、映進、回転、鏡映、準結晶、周期構造、晶系、対称操作、対称要素、点群、反転、ブラベ格子、並進、ミラー指数、らせん

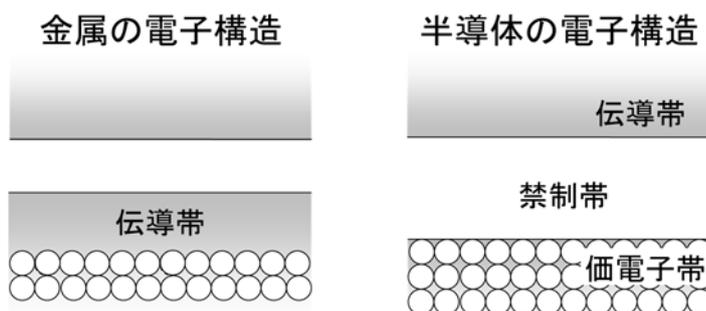
「分子などに対してある操作を行う前後で見かけの区別がつかない場合、その操作を (a) 対称操作 と呼び、(a) 対称操作 をするために用いる「点」、「直線」、「面」などを (b) 対称要素 と呼ぶ。「点」に対する対称操作を (c) 反転、「直線」に対する対称操作を (d) 回転、面に対する対称操作を (e) 鏡映 と呼び、その他の「恒等操作」「回反 (回映)」と共にどのような種類の対称操作を行うための対称要素がいくつあるかという組み合わせが (f) 点群 と呼ばれる。物性化学で扱われる結晶性固体においては、構成分子の対称性もちろん、それらの相対的配置による対称性も重要であり、結晶ならではの制約も現れる。例えば「直線」に対する対称操作に付随する数が 1~6 の場合に、結晶学的に存在しえない数は (g) 5 である」

(2) 電気伝導度は電荷担体の数と電子の移動度 (単位電場あたりの電子の平均速度) の双方が関与して決まる。0 K における金属と半導体では、電荷単体の数は一般的にどちらが多いと考えられるか、また移動度はどちらが大きいのか、バンド構造を用いて説明せよ。(15 点)

金属は伝導帯が部分的に満たされており、電場による微小なエネルギー印加に対して、平均的には電流が生じる向きに電子 (ないしはホール) が運動量を獲得することができる。そのため、それらの電子 (ないしはホール) が電荷担体となり、移動度を生じる。一方半導体では価電子帯にいっぱい電子が詰まっているため、微小なエネルギーでは禁制帯へ

の励起となってしまう、電子 (ないしはホール) はそのようなエネルギー状態を取ることができないため電荷担体を生じることができない。また平均的に電流が流れるような運動量を獲得することもできないため (電場方向とその逆方向に運動する電荷担体の数が一致して平均的運動量が 0 になる)、移動度も 0 になる。

よって金属の方が電荷担体の数が多く、移動度は大きい。



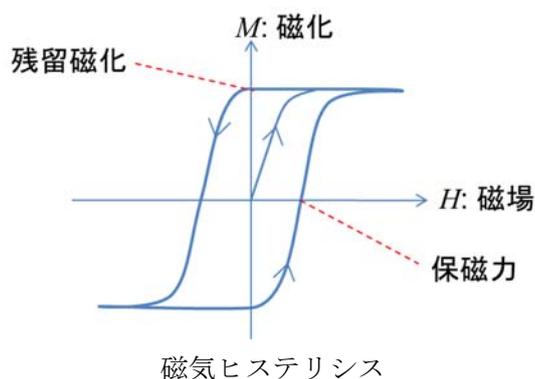
- (3) 強磁性体を特徴づける振る舞いに自発磁化を生じる性質がある。自発磁化とはどのような性質か、磁化（磁気モーメント）の磁場依存性のグラフを描き、説明せよ。（10点）

強磁性体に磁場をかけると、一般的には図のように磁場をかける向きに依存した磁化が発生し、ある磁場範囲では、同じ磁場に対して複数の磁化の値を取り得る双安定性を示す。この時、磁場 0 でもスピン同士の相互作用によって磁化が保持されており、これを自発磁化と呼ぶ。

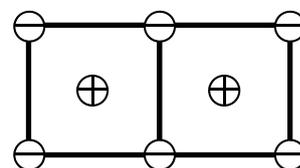
より正確には、強磁性転移温度における磁化率は無限大に発散することから、磁化率の定義が

$$\chi = \left( \frac{\partial M}{\partial H} \right)_{H \rightarrow 0}$$

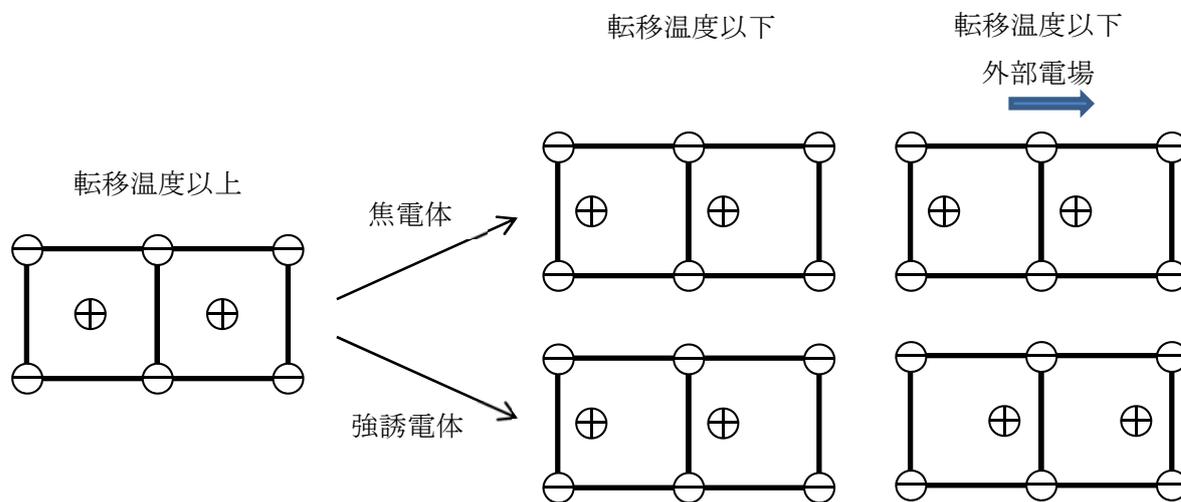
であることを考えると、無限小の磁場極限でも磁化が発生することを意味しており、これを自発磁化と言う。



- (4) 焦電体と強誘電体の顕著な違いを、誘電転移温度以上の右図の例に倣い、転移温度以下の場合、および転移温度以下で電場を加えた場合について図示し説明せよ。（10点）



焦電体は、転移温度以下で電気分極を生じるが、電場によって分極を反転させることができない。一方、強誘電体は同様に転移温度以下で分極を生じ、印加電場の向きに応じてその分極を反転できるという大きな違いがある。以上を図にまとめると以下のようなになる。



- (5) 超伝導体はゼロ抵抗以外にも、特徴的なマイスナー効果を示す。マイスナー効果とはどのような効果か説明し、この効果に由来する、通常の磁石に見られる反発とは異なる具体的な現象を紹介せよ（講義で紹介した事例でも、異なるものでも良い）。（15点）

マイスナー効果は完全反磁性とも呼ばれ、外部磁場に応答して超伝導体内部に誘起される超伝導電流により生じる磁場が超伝導体内部の磁場を打ち消し、超伝導体内部への磁束の侵入を完全に排除する現象である。この時、排除された磁束線をさらに乱すように超伝導体を動かすためにはさらにエネルギーを必要とするため、例えば超伝導体の上に完全反磁性で浮上している磁石をゆっくり持ち上げると、下にある超伝導体が吊り下げられる現象が観察できる。これはピン止め効果と呼ばれ単純な磁石の同極同士の反発では説明がつかない、超伝導体特有の現象である。

(1) 以下の文中の(a)~(e)に最も適切な用語を選択肢から選び、正しい文を完成させ、「(a) XX」のように解答せよ。

「分子などに対してある操作を行う前後で見かけの区別がつかない場合、その操作を (a) 対称操作 と呼び、(a) 対称操作 をするために用いる「点」、「直線」、「面」などを (b) 対称要素 と呼ぶ。「点」に対する対称操作を (c) 反転、「直線」に対する対称操作を (d) 回転、面に対する対称操作を (e) 鏡映 と呼び、その他の「恒等操作」「回反（回映）」と共にどのような種類の対称操作を行うための対称要素がいくつあるかという組み合わせが (f) 点群 と呼ばれる。物性化学で扱われる結晶性固体においては、構成分子の対称性もちろん、それらの相対的配置による対称性も重要であり、結晶ならではの制約も現れる。例えば「直線」に対する対称操作に付随する数が1~6の場合に、結晶学的に存在しえない数は s(g) 5 である」(15点)

用語：1、2、3、4、5、6、映進、回転、鏡映、準結晶、周期構造、晶系、対称操作、対称要素、点群、反転、ブラベ格子、並進、ミラー指数、らせん

対象、対称、対照、大賞