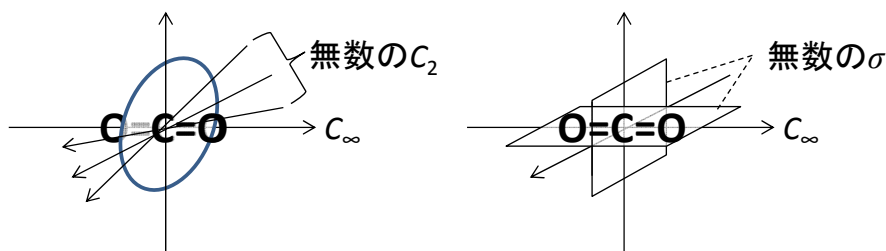


- (1) 次の(a)~(e)のうち、回転、鏡映、反転、回映の 4 種類の対称操作を考慮した場合、対称要素の数の合計が最も多い分子をひとつ選び、その解が適切である理由を図を用いて説明しなさい (10 点)。

(a) アンモニア (b) 二酸化炭素 (c) ベンゼン (d) 水 (e) メタン

全ての分子についていちいち全部数え上げるのは少々残念なアプローチ。左右対称の直線分子は、主軸の C_∞ に垂直な無数の C_2 軸や、 C_∞ を含む無数の鏡映 σ がある (回映も無数にある)。一方、その他の分子では C_∞ が存在せず、それに付随する無数の対称要素は発生しないため、(b) が正解となる。



- (2) 我々の身の回りに見られる電子機器は、多数の半導体素子が利用されていますが、このような素子は、液体窒素温度 (77 K) など、低温下ではどのように動作すると考えられるか、簡潔に説明しなさい (10 点)。

半導体は、室温で禁制帯を越えて価電子帯から伝導帯へ励起される電子 (およびその結果価電子帯に生成される正孔) が伝導を担う。一般的に液体窒素温度では、禁制帯を越えるような熱エネルギーが供給されず、半導体に電流を流すことができなくなってしまうため、半導体素子は動作しなくなると考えられる (パソコンの CPU を液体窒素冷却してオーバークロックを行うのは、発熱と冷却の均衡点が最終的に半導体の動作温度以上になるからであり、冷やしきってから動作させることはできない)。

- (3) (ア)~(オ)に当てはまる用語を選択肢から選び、正しい文を完成させ、「(ア) 完全反磁性」のように解答しなさい。ただし、同じ用語を何度選んでも構いません。また、下線部を引いた磁性だけを示す化合物の例を、物質名で解答しなさい (15 点)。

「相互作用の無い磁性の内、(ア)は不対電子に由来する性質であり、全ての電子軌道が満たされている場合には (イ) のみが現れる。一方、相互作用がある磁性を考えると、いわゆる永久磁石は(ウ)体であり、物質全体にわたり平行にスピンの揃う(エ)を生じる。(ウ)体を加熱して強磁性転移温度を超えると、その物質は(オ)体として振る舞う」

用語：完全反磁性、強磁性、クーパー対、自発磁化、自発分極、常磁性、電子間反発、反強磁性、反磁性、反転分布、反平行、万有引力、非磁性、非平衡、平行、平衡

「相互作用の無い磁性の内、(ア)常磁性は不対電子に由来する性質であり、全ての電子軌道が満たされている場合には (イ)反磁性 のみが現れる。一方、相互作用がある磁性を考えると、いわゆる永久磁石は(ウ)強磁性体であり、物質全体にわたり平行にスピンの揃う(エ)自発磁化を生じる。強磁性体を加熱して強磁性転移温度を超えると、その物質は(オ)常磁性体として振る舞う」

(エ)は「強磁性」でも可とする。また、反磁性だけを示す化合物は、水、ベンゼン、塩化ナトリウムなどなど、不対電子を持たない化合物であれば何でもよい。イチゴやカエルは化合物ではないので不可。

- (4) 金属は、一般的に光を反射する白色の光沢（金属光沢）を示す表面を持つ。その理由を説明しなさい。その上で、銀と鉄ではどちらの方が強い反射を示すか、両者の伝導性と関連させて説明しなさい（15 点）。

金属中の自由電子は、光（電磁波）の照射に対して、その振動電場に追従する形で金属表面で運動する。自由電子は多くの場合、可視光の周波数全域に対して追従可能であり、このような振動が励起されると、自由電子の振動に妨げられて、光は物質中に侵入できなくなって反射される。このように可視光全域が反射されれば、色としては白色に近い色を示すことになる。

また、銀の方が鉄より伝導度が高く、より効率的に照射光を反射できるため、鉄よりも強い反射を示す。

- (5) 鉄を超伝導体にするのに必要のない外部条件は、「強磁場」「極低温」「超高压」のうちどれかを解答し、残りの二つの条件が必要な理由を説明しなさい。（15 点）

鉄は常温常圧ではそれ自身の生じる内部磁場の影響で超伝導性を示さないが、超高压をかけて不対電子同士を反平行に結合させ、極低温にして電子が結晶格子と相互作用して形成されるクーパー対を形成させることで超伝導性を示すことが知られている。強磁場に関しては、超伝導状態を破壊してしまうので、鉄を超伝導体にする条件としては適切ではない。