

無機化学 1 2022 年度期末試験

(1 枚目 15 点, 2 枚目 11 点, 3 枚目 8 点, 4 枚目 12 点, 計 46 点)

問 1 架空のイオン結晶 Xe^+F^- について考える。ただし、 F^- のイオン半径は $1.33 \times 10^{-10} \text{ m}$ 、
 Xe^+ のイオン半径は $1.20 \times 10^{-10} \text{ m}$ 、結晶構造は CsCl 型とする。（計 10 点）

- (1) これらのイオンが剛体球と近似できるなら、この CsCl 型構造の格子定数（単位格子の一辺の長さ）は何メートルになるか？（2 点）
- (2) この結晶の格子エネルギーを、次のボルン-マイヤーの式で計算せよ。ただし物理定数の値は $N_A = 6.02 \times 10^{23} [\text{mol}^{-1}]$, $e = 1.60 \times 10^{-19} [\text{C}]$, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} [\text{C}^2/\text{J} \cdot \text{m}]$, イオンの価数はそれぞれ $Z_A = +1$, $Z_B = -1$, CsCl 構造のマーデルング定数 A は 1.76 とし、式中の d は最も近い $\text{Xe}-\text{F}$ 間の距離 [m]である。※単位も忘れずに！（4 点）

$$E = \frac{N_A |Z_A Z_B| e^2}{4\pi\epsilon_0 d} \left(1 - \frac{0.345 \times 10^{-10}}{d} \right) \times A$$

- (3) (2) で求めた格子エネルギーを用いて、気体の Xe (1 mol) と気体の F_2 (1/2 mol) から、このイオン結晶 Xe^+F^- (1 mol) ができるときの反応熱を求めよ。反応熱は、発熱反応の場合を正、吸熱反応の場合を負として解答すること。なお、必要に応じて以下の数値を使用すること（不必要な数値も記載しているので、すべてを使う必要があるわけではない）。（4 点）

Xe の蒸発熱 : 12.6 kJ/mol, F_2 の蒸発熱 : 6.5 kJ/mol,

Xe の第一イオン化エネルギー : 1170 kJ/mol, F の第一イオン化エネルギー : 1681 kJ/mol

F-F 単結合の結合エネルギー : 154 kJ/mol,

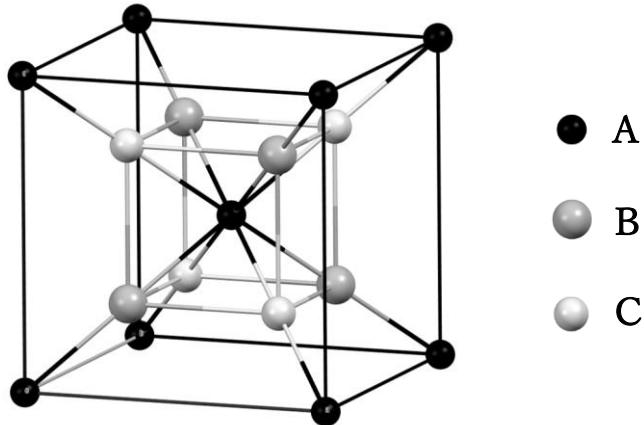
Xe の電子親和力 : -77 kJ/mol, F の電子親和力 : 328 kJ/mol

問 2 原子量が 195.084 である Pt は、格子定数が $3.92 \times 10^{-10} [\text{m}]$ の面心立方構造の結晶を作る。このとき、Pt の密度を求めよ。ただし、アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23} [\text{mol}^{-1}]$ とする。（有効数字および単位にも気を付けること！）（5 点）

問 3 次の図は、3種の原子 A, B, C からなる架空の結晶の単位格子を示したものである。

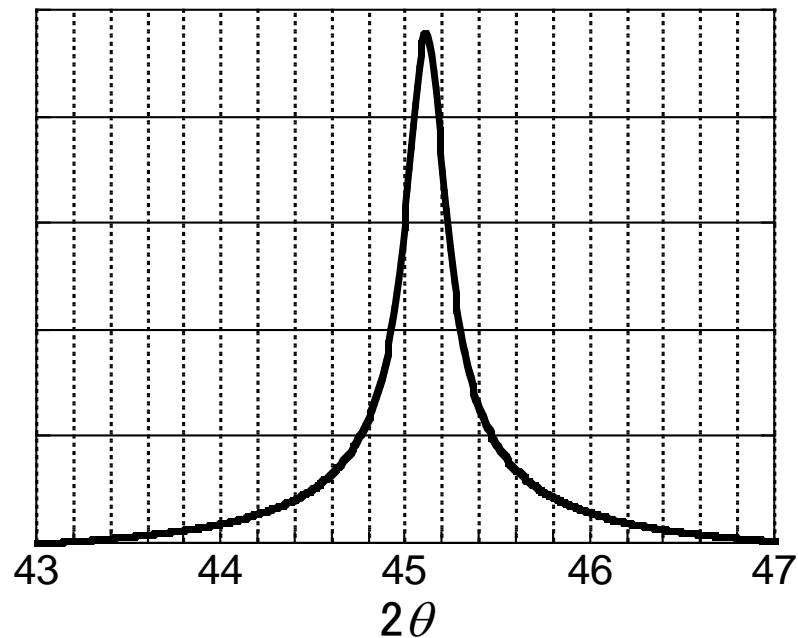
単位格子は $a = b = c = 4.50 \times 10^{-10} [\text{m}]$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ となっており、格子点と $(0.5, 0.5, 0.5)$ の位置に原子 A, $(1/4, 1/4, 1/4)$, $(3/4, 3/4, 1/4)$, $(3/4, 1/4, 3/4)$, $(1/4, 3/4, 3/4)$ の位置に原子 B, そして $(3/4, 1/4, 1/4)$, $(1/4, 3/4, 1/4)$, $(1/4, 1/4, 3/4)$, $(3/4, 3/4, 3/4)$ の位置に原子 C が存在する。このとき以下の問(1)～(4)に答えよ。

(計 11 点)



- (1) この物質の組成を答えよ (例えば, AB_2C_3 , などと答えればよい)。 (2 点)
- (2) この単位格子は、14種のブラベ格子のうちどれに分類されるか？ (3 点)
- (3) もし B と C が同じ種類の原子だった場合には、この単位格子は14種のブラベ格子のうちどれに分類されることになるか？ (3 点)
- (4) この物質の密度を計算せよ。ただし原子量は A : 54.9, B : 19.0, C : 79.9 とし、アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23} [\text{mol}^{-1}]$ とする。 (3 点)
※架空の結晶なので、実際にこのような物質があるわけではありません。

問 4 次のグラフは、体心立方構造をもつある金属の粉末に対し、Cu の特性 X 線 ($K\alpha$ 、波長 1.54056×10^{-10} m) を用いて粉末 X 線回折測定を行った際の指数 110 のピークを拡大したものである。これに関し、下の問 (1), (2) に答えよ。 (計 8 点)



- (1) この金属の単位格子の格子定数を、有効数字 3 術で求めよ。 (4 点)
- (2) もし Mo の $K\alpha$ (波長 : 0.71069×10^{-10} m) を線源としてこの金属の粉末 X 線回折を行ったとすると、同じく指数 110 のピークは 2θ がいくつの角度に現れるか。有効数字 3 術で答えよ。 (4 点)

学籍番号：

氏名：

※この問題は、この用紙最下部の図に直接書き込み、解答用紙として提出すること！

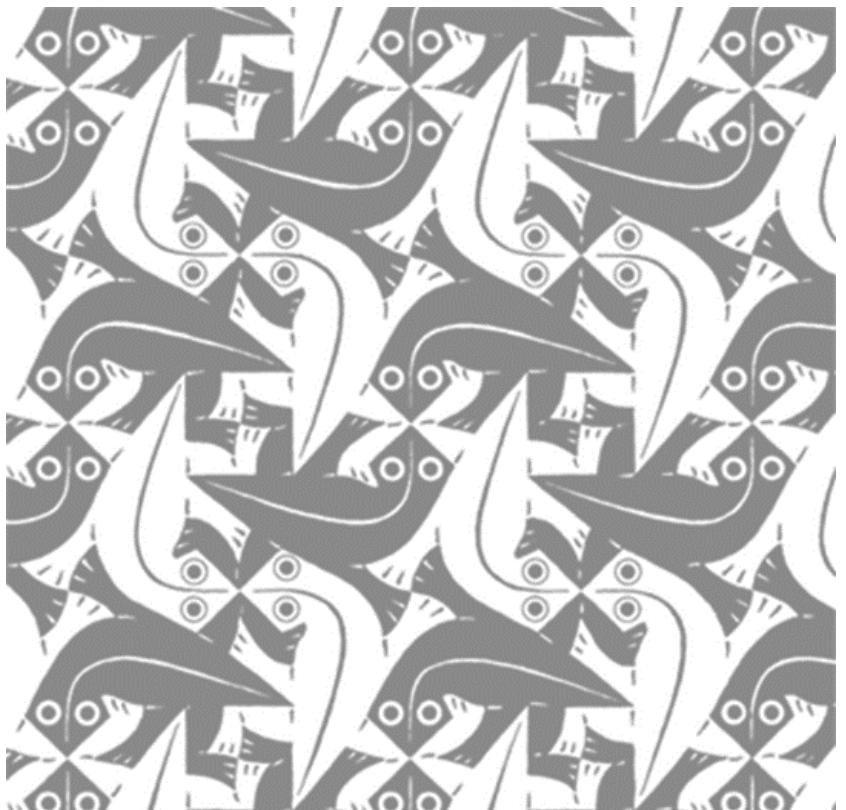
問 5 版画家/画家であるエッシャーは結晶学に刺激を受け、さまざま繰り返し構造をモチーフとする作品を残している。そのひとつが右図の Lizard (No. 104) である。この絵を同一パターンの 2 次元繰り返し（2 次元結晶）とみなし、以下の問いに答えよ。（各 4 点、計 12 点）



- (1) この 2 次元パターンに、紙面に垂直な鏡映面は存在するか？存在する場合には、下図に鏡映面を書き入れよ（1箇所でよい）。無い場合には、「無し」と解答せよ。
- (2) この 2 次元パターンに、紙面に垂直な 2 回軸は存在するか？存在する場合には、下図の 2 回軸の場所（1箇所でよい）に○印をつけ、無い場合には「無し」と解答せよ。
- (3) この絵は白と黒二種類のトカゲの組み合わせだが、この 2 種類のトカゲを、色の違いを無視して「同じもの」とみなした場合 4 回軸が存在する。下図にある 4 回軸の場所（1箇所でよい）に☆印をつけよ。

【解答記入用の図（右図）】

- ・鏡映面の場所に線を記入
(またはここに「無し」と記入)



- ・2回軸の場所に○を記入
(またはここに「無し」と記入)
- ・トカゲの黑白の違いを無視したときの4回軸の場所に☆を記入