

# 令和2年度創成科学研究科理工学専攻修士課程入学試験問題

## 無機化学

(一般入試)

(応用化学システムコース)

### (注意事項)

1. 問題用紙および解答用紙は、係員の指示があるまで開かないこと。
2. 問題用紙、解答用紙は、この表紙を除いて問題用紙 5 枚 (解答用紙を含む) である。
3. 解答は、解答用紙の指定された番号の解答欄に書くこと。指定された解答欄以外に書いたものは採点しない。
4. 解答開始後、解答用紙の所定欄に受験番号をはっきりと記入すること。
5. 配付した用紙はすべて回収する。

受験番号	第	番
------	---	---

無機化学 その1

第1問 以下の設問に答えよ。

- (1) ホウ素の第一イオン化エネルギー ( $801 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) は、ベリリウムの第一イオン化エネルギー ( $899 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) より小さい。その理由を説明せよ。
- (2) ホウ素の第二および第三イオン化エネルギーがそれぞれ  $2.43 \text{ MJ mol}^{-1}$  および  $3.66 \text{ MJ mol}^{-1}$  であるのに対し、第四イオン化エネルギーは  $25.0 \text{ MJ mol}^{-1}$  と著しく大きい。その理由を説明せよ。
- (3)  $\text{NO}_2^-$  イオンのルイス構造をかけ。また、共鳴構造を持つ場合は、それらも示せ。
- (4) 原子価殻電子対反発モデルから予測される  $\text{NO}_2^-$  イオンの形をかけ。孤立電子対がある場合は、それを示せ。また、予測される O-N-O 結合角 ( $\theta$ ) を、下記の a) から h) の中から一つ選べ。  
a)  $\theta < 90^\circ$ , b)  $\theta = 90^\circ$ , c)  $90^\circ < \theta < 109.5^\circ$ , d)  $\theta = 109.5^\circ$ , e)  $109.5^\circ < \theta < 120^\circ$ ,  
f)  $\theta = 120^\circ$ , g)  $120^\circ < \theta < 180^\circ$ , h)  $\theta = 180^\circ$

[ 第1問の解答箇所 ] (裏面を使ってもよいが、紙面の下半分に書くこと)

小計	点
----	---

受験番号	第	番
------	---	---

## 無機化学 その2

第2問 固体の電氣的・磁氣的性質について、以下の設問に答えよ。

- (1) 真性半導体および金属における電気伝導率の温度依存性について、それぞれのバンド構造を示して説明せよ。
- (2) 真性半導体である  $^{14}\text{Si}$  結晶に不純物として  $^{33}\text{As}$  を少量添加したとき、固体のバンド構造の変化および電気伝導率の変化について説明せよ。
- (3)  $^{27}\text{Co}^{3+}$  のみを磁性原子として含む錯体には、常磁性錯体と反磁性錯体がある。この事実について、常磁性および反磁性を示す  $^{27}\text{Co}^{3+}$  の電子配置をそれぞれ示して説明せよ。ただし、 $^{18}\text{Ar}$  の電子配置を  $[\text{Ar}]$  と略記せよ。

---

[ 第2問の解答箇所 ] (裏面を使ってもよいが、紙面の下半分に書くこと)

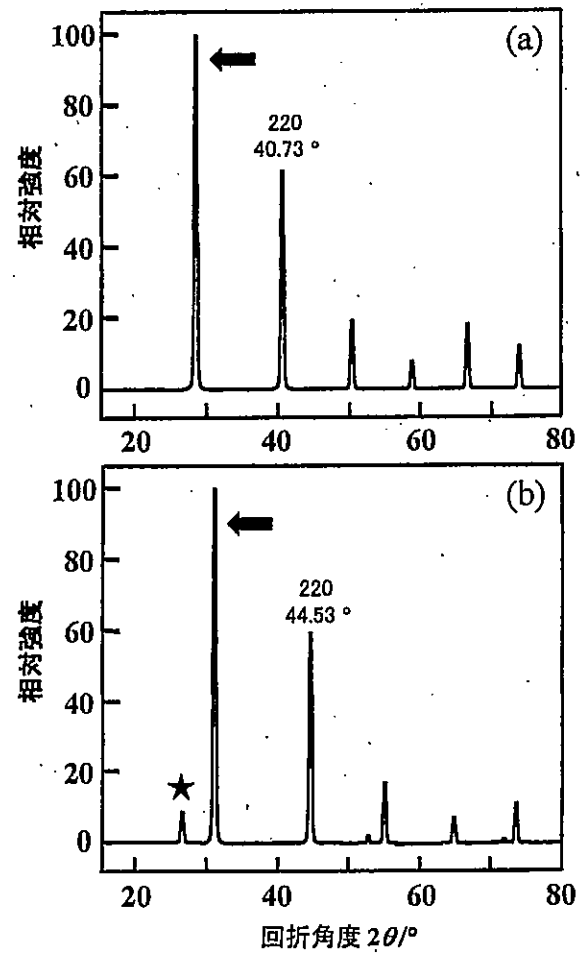
小計	点
----	---

受験番号	第	番
------	---	---

無機化学 その3

第3問 NaCl と KCl はいずれも立方晶岩塩型構造をもつ。これらの粉末の X 線回折測定を波長 1.542 Å の X 線を用いて行った結果、右図のような回折パターンを得た。回折パターンの一部に指数および回折角を示している。以下の設問に答えよ。

- (1) 図 (a) の物質の格子定数を有効数字 3 桁で求めよ。
- (2) 図 (a) および (b) は、NaCl および KCl のいずれの回折パターンか答えよ。また、その根拠を述べよ。
- (3) 図 (a) および (b) 中に矢印で示した回折ピークはいずれも同じ指数のピークである。その指数を答えよ。
- (4) 図 (b) 中に★印で示した回折ピークは、図 (a) では回折強度が弱すぎてほとんど観測されない。この理由について、「原子散乱因子」という語句を用いて 200 字程度で説明せよ。



[ 第3問の解答箇所 ] (裏面を使ってもよいが、紙面の下半分を書くこと)

小計	点
----	---

受験番号	第	番
------	---	---

無機化学 その4

第4問 以下の設問に答えよ。

- (1) 酸と酸性と酸化の違いを、具体的な物質や反応を用いて説明せよ。
- (2) 酸と酸化の両方が関与する反応について、具体的な例を1つ示せ。
- (3) 中和滴定とキレート滴定の類似点を、化学量論の観点および反応の観点から説明せよ。
- (4) ある弱酸 HA とその共役塩基  $A^-$  について、水中での酸解離定数  $K_a$  および塩基解離定数  $K_b$  を、関係する化学種や物質の濃度を用いて示せ。
- (5) ある弱酸 HA とその共役塩基  $A^-$  について、 $K_a \times K_b = K_w$  (水のイオン積) となることを証明せよ。

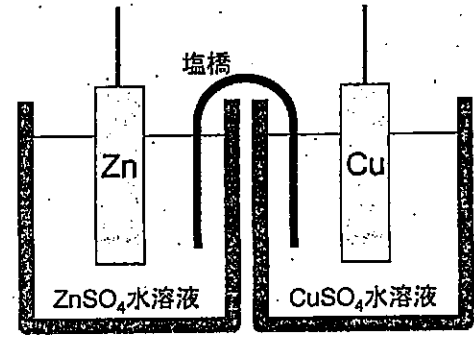
[ 第4問の解答箇所 ] (裏面を使ってもよいが、紙面の下半分に書くこと)

小計	点
----	---

受験番号	第	番
------	---	---

無機化学 その5

第5問 右図に示すように  $\text{ZnSO}_4$  水溶液に亜鉛板,  $\text{CuSO}_4$  水溶液に銅板を浸し, 両液相を塩橋でつないでダニエル電池を構成した。気体定数  $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$ , 温度  $T = 298 \text{ K}$ , 溶存化学種の活量係数を 1.0 とし, 以下の設問に答えよ。標準電極電位は下記の値を使用し, 必要に応じて計算の過程も示すこと。



$$E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^{\circ} = -0.76 \text{ V (vs. NHE)} \quad E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^{\circ} = +0.34 \text{ V (vs. NHE)}$$

- (1) 図における右側および左側の半電池の半反応式とネルンスト式をそれぞれ示せ。
- (2) この電池の全体の反応式を示せ。
- (3) 左側の溶液における  $\text{Zn}^{2+}$  の濃度が  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ , 右側の溶液における  $\text{Cu}^{2+}$  の濃度が  $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$  であるとき, この電池の起電力を小数第2位まで求めよ。
- (4) 上記(2)の反応が平衡に達した場合の平衡定数を有効数字3桁で求めよ。

[ 第5問の解答箇所 ] (裏面を使ってもよいが, 紙面の下半分に書くこと)

小計	点
----	---