

環境科学院環境物質科学専攻
令和 8 年 4 月入学修士課程（博士前期課程）（秋季）・
令和 7 年 10 月入学修士課程（博士前期課程）
入学試験問題（基礎化学選抜）

物理化学系（1、2、3）および有機化学系（4、5、6）合計 6 題が出題されている。
すべてに解答せよ。 必要があれば、次の数値および公式を用いよ。

真空中の光速 $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ 、ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$ 、
気体定数 $R = 8.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 、半角の公式 $\sin^2\left(\frac{x}{2}\right) = \frac{1 - \cos x}{2}$

1 問 1)～4)に答えよ。解答用紙 1 枚を用い、問題番号欄 に「1」を記入すること。

1) 次の文を読み(a)～(d)に答えよ。

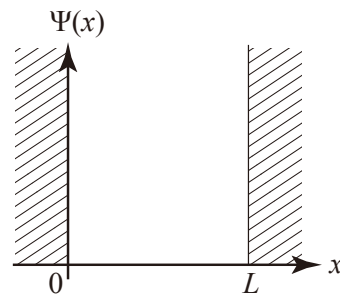
金属に、その金属の下限振動数よりも大きい振動数の光を照射すると、電子が放出される。このとき放出される電子は光電子と呼ばれる。ルビジウム Rb の下限振動数 ν_0 は $2.0 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$ である。

- (a) 振動数 $2.0 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$ の光の波長 [nm] を有効数字 2 桁で求めよ。
- (b) 振動数 $2.0 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$ の光は、可視光、赤外線、紫外線、マイクロ波のいずれに属するか答えよ。
- (c) 振動数 $1.0 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$ から $6.0 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$ までの光を Rb に照射した際の、光の振動数 ν と光電子の運動エネルギー ε の関係を、横軸 ν 、縦軸 ε の図に示せ。なお、光電子が発生しない場合は $\varepsilon = 0$ とせよ。
- (d) 振動数 $x \text{ [s}^{-1}\text{]}$ の光を Rb に照射したときの光電子の運動エネルギーを $\varepsilon_x \text{ [J]}$ とする。プランク定数 h を、 x と ε_x を含む式で示せ。また、プランク定数の単位を記せ。ただし、 $x > \nu_0$ とする。

2) 次の(a)、(b)について、それぞれ簡潔に説明せよ。

- (a) フントの規則
- (b) ド・ブローイの物質波

3) 無限大のポテンシャルエネルギーの壁を持つ、長さ L の一次元の箱がある（下図）。



この箱の中を自由に運動する電子の波動関数 $\Psi(x)$ は、波数 k を含む下式で表される。

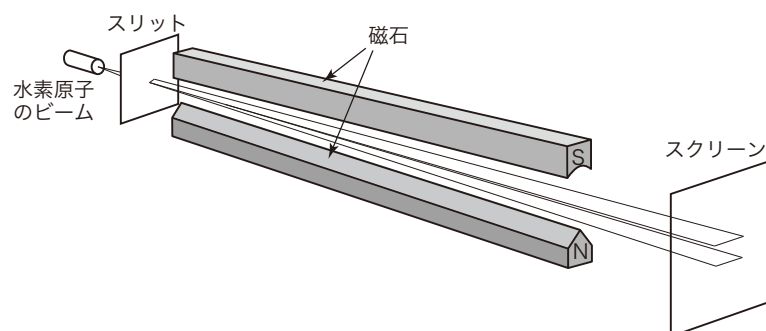
(a)、(b)に答えよ。

$$\Psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin(kx)$$

(a) 「波動関数は全空間で連続しなければならない」という波動関数の制限に基づき、波数 k を量子数 n を含んだ式で表せ。ただし、 n は 1 以上の整数である。

(b) 箱の中の電子が基底状態 ($n=1$) にあるとき、 $x = \frac{L}{4}$ から $x = \frac{L}{2}$ の間で電子を見出す確率を、円周率 π を用いて表せ。

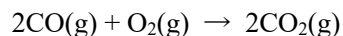
4) 基底状態にある水素原子のビームを真空中で不均一磁場に通したところ、ビームは 2 つに分裂した（下図）。一方、同様の実験を基底状態にあるヘリウム原子で行ったところ、ビームは分裂しなかった。このような違いが現れる理由を、電子の性質に基づいて簡潔に説明せよ。



2

以下の設問 I、II に答えよ。解答用紙 1 枚を用い、問題番号欄 に「2」を記入すること。

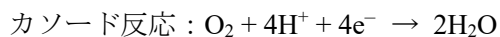
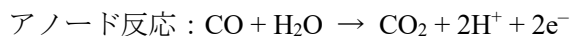
- I. 下記の一酸化炭素の酸化反応について、以下の問 1)～3) に答えよ。なお、標準状態は 298 K、 10^5 Pa とする。



- 1) 下表の値を用いて、この反応の標準反応エンタルピー $\Delta_r H^\circ$ [kJ mol^{-1}] および標準反応エントロピー $\Delta_r S^\circ$ [$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$] を求めよ。

298 K における標準生成エンタルピーおよび標準モルエントロピー		
物質	標準生成エンタルピー $\Delta_f H^\circ$ [kJ mol^{-1}]	標準モルエントロピー S_m° [$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$]
CO(g)	-110	198
CO ₂ (g)	-394	214
O ₂ (g)	0	205

- 2) この反応の 298 K における標準反応ギブズエネルギー $\Delta_r G^\circ$ [kJ mol^{-1}] を整数値で求めよ。
- 3) 酸性電解液を用いて、下記のアノード反応、カソード反応からなる燃料電池を組んだ。



この電池の標準起電力（標準電池電位） E_{cell}° [V] を有効数字 3 桁で求めよ。

II. 三酸化硫黄 (SO_3) は以下のように解離する。問 1)、2)に答えよ。なお、気体は全て理想気体と考えて良い。



1) 1 mol の SO_3 を密閉容器に入れた。このときの圧力を P_0 とする。体積および温度一定のもとで平衡へと到達させた。平衡状態での SO_3 の解離度を α とする。平衡状態での各成分の分圧を α および P_0 を用いて表せ。また、圧平衡定数 K_P を α および P_0 を用いて表せ。

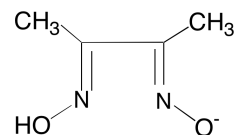
2) 平衡状態での全圧を P とする。圧平衡定数 K_P を、 P および P_0 を用いて表せ。

3

以下の設問 I、II に答えよ。解答用紙 1 枚を用い、問題番号欄 に「3」を記入すること。

I. 次の文章を読み、問 1)～3)に答えよ。

2 価の Ni の配位化合物は種々の幾何構造を持つ。6 配位 (a) 型の化合物は常磁性である。一方、4 配位の化合物の構造は主に 2 種類あり、 (b) 型の化合物は反磁性、 (c) 型の化合物は常磁性である。Ni²⁺の定量分析には、古くからジメチルグリオキシム (H₂dmg) が用いられている。Ni²⁺と Hdmg⁻ は 1 : 2 で錯形成し、 (d) 色の沈殿を生じる。



Hdmg⁻ の構造

1) (a) ～ (c) に当てはまる最も適当な語句を下の (あ) ～ (か) から選び、記号で答えよ。

(あ) 三方両錐、(い) 四面体、(う) 平面四角形、(え) 五方両錐、

(お) 八面体、(か) 正方錐

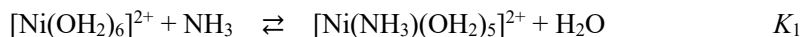
2) (d) に当てはまる色を下の (き) ～ (さ) から選び記号で答えよ。

(き) 青 (く) 緑 (け) 黄 (こ) 赤 (さ) 黒

3) 下線で示した化合物の構造を描け。

II. 問 1)～4)に答えよ。

1) 以下に示す Ni²⁺と NH₃ の錯形成反応の逐次生成定数 K₁～K₆ は 10^{2.8}、10^{2.1}、10^{1.7}、10^{1.3}、10^{1.2}、10^{-0.4} である。[Ni(OH₂)₆]²⁺から[Ni(NH₃)₆]²⁺が生成する反応の全生成定数を 10ⁿ の形式で求めよ。



- 2) $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ ($\text{en} = \text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2$) の異性体 (光学異性体を含む) をすべて描け。en は二座配位子として N で配位するものとする。en を以下のように描け。



- 3) $[\text{Ni}(\text{dien})_2]^{2+}$ ($\text{dien} = \text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{NH}(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2$) の異性体 (光学異性体を含む) をすべて描け。dien は三座配位子として N で配位するものとする。dien を以下のように描け。



- 4) $[\text{Ni}(\text{OH}_2)_6]^{2+}$ から $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 、 $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ 、 $[\text{Ni}(\text{dien})_2]^{2+}$ が生成する反応の全生成定数は、 $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} < [\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+} < [\text{Ni}(\text{dien})_2]^{2+}$ である。この理由を説明せよ。

以下の設問Ⅰ、Ⅱに答えよ。解答用紙1枚を用い、問題番号欄 に「4」を記入すること。

Ⅰ．化合物の構造に関する以下の問に答えよ。

1) 次の化合物の構造式を描け。

a) 2,2,3,3-tetramethylbutane

b) (Z)-2-chloropent-2-ene

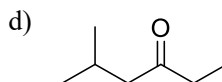
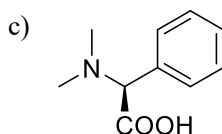
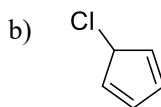
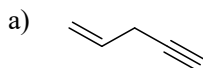
c) *N*-methylformamide

d) methyl 2-methylpropanoate

e) 3,3-dibromobutanal

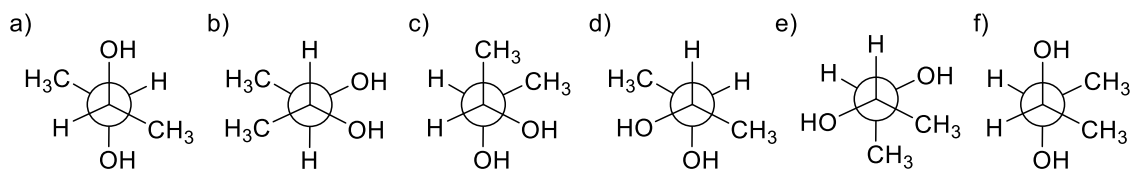
f) 2,6-di-*tert*-butylpyridine

2) 次の化合物の IUPAC 名を記せ。



Ⅱ．立体化学に関する以下の問に答えよ。

1) (*R,R*)-2,3-butanediol の C2→C3 の方向からみた Newman 投影式として正しいものを下の a)-f) から 2 つ選べ。



2) 1,4-dimethylcyclohexane の 2 つの立体異性体のイス型配座構造を示せ。また、どちらが安定であると予想されるか。理由とともに述べよ。

3) シクロペンテンと Br₂ を a) 無水ジクロロメタン中、b) 含水アセトン中、で反応させた。それぞれの場合に得られる主生成物の構造を立体化学がわかるように示せ。

以下の設問 I、II に答えよ。解答用紙 1 枚を用い、問題番号欄 に「5」を記入すること

I. 以下の各設問の化合物について、指定された物性値が大きい順に並べ、記号で答えよ（記述例：a) > b) > c)）。また、その順となる理由を簡潔に述べよ。

1) 常温、常圧における酸解離定数 (K_a)

a) 酢酸 b) フェノール c) ベンゼンスルホン酸

2) 常圧における沸点

a) ベンゼン b) *p*-ニトロトルエン c) *p*-キシレン

3) 分子の双極子モーメント

a) H_2O b) CO_2 c) NH_3

4) 分子の双極子モーメント

a) クロロホルム b) トリフルオロメタン c) ジクロロジフルオロメタン

II. 以下に示す二つの化合物について、分子式および分光データをもとに問に答えよ。なお IR データは特徴的なもののみを示している。また NMR データは $CDCl_3$ 溶媒中のものであり、 δ (ppm, TMS 基準) である。

分子式: $C_4H_8O_2$

IR: 1743 cm^{-1} (強吸収), 1243 cm^{-1} (強吸収), 1048 cm^{-1} (中吸収)

1H NMR: δ 4.1 (四重線, 2H), 2.0 (一重線, 3H), 1.3 (三重線, 3H)

^{13}C NMR: δ 171, 60, 21, 14

1) この化合物の構造式を描け。

2) δ 4.1 のピークが四重線となる理由を簡潔に述べよ。

分子式: C_6H_5BrO

IR: 3343 cm^{-1} (幅広吸収), 1591 cm^{-1} (中吸収), 1469 cm^{-1} (中吸収)

1H NMR: δ 7.3 (二重線, 2H), 6.7 (二重線, 2H), 5.1 (一重線, 1H)

^{13}C NMR: δ 154, 133, 117, 113

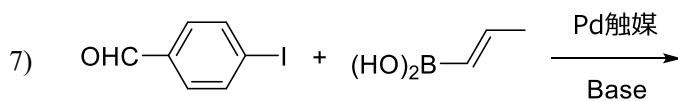
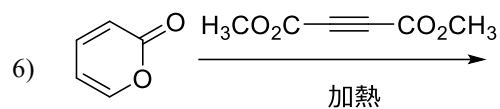
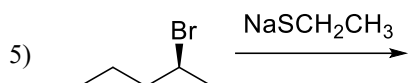
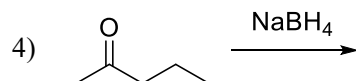
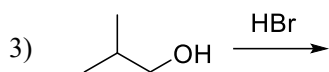
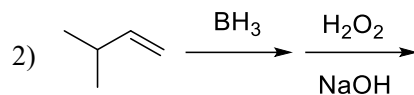
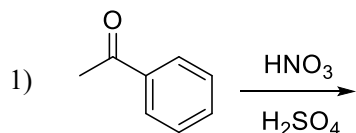
3) この化合物の構造式を描け。

4) 1H NMR における δ 7.3 と 6.7 のシグナルが、磁場の遮蔽の影響によって他のシグナルに比べて低磁場に現れる理由を、化合物の構造に基づき簡潔に述べよ。

6

以下の設問Ⅰ、Ⅱに答えよ。解答用紙1枚を用い、問題番号欄 に「6」を記入すること。

Ⅰ. 次の1)～7)の反応で主に生成する有機化合物の構造式を描け。生成物が不斉炭素を有するときは、立体配置がわかるように描け。



Ⅱ. 次の1)～3)の反応について電子の移動を示す矢印を用いて、反応の過程を順を追って示せ。

