

平成18年度  
九州大学大学院理学府  
分子科学専攻・凝縮系科学専攻（化学コース）  
入学試験問題

化 学

(13:30 ~ 16:30)

注意事項

- 1) 6科目の中から3科目を選択し、解答すること。
- 2) 無機化学、有機化学、構造化学、物理化学、分析化学の問題用紙は各3枚、生物化学は2枚である。  
「はじめ」の合図の後に、問題用紙の枚数を確認すること。
- 3) 解答用紙の各欄に、受験科目名、問題番号、受験番号、氏名を記入すること。採点時に点線の個所で切り離すので、科目名と問題番号は必ず上下2ヶ所の所定欄に記入すること。科目名は、無機化学、有機化学、などとする。記入漏れがある場合、採点できず零点になることがある。
- 4) 整理番号欄には何も記入しないこと。
- 5) 無機化学、有機化学、構造化学、物理化学の解答用紙はそれぞれ3枚である。問題1～問題3を各問ごとにそれぞれ別の解答用紙に解答すること。構造化学の問題1は専用の解答用紙に解答すること。分析化学の解答用紙は4枚である。問題1～問題4を各問ごとにそれぞれ別の解答用紙に解答すること。生物化学の解答用紙は2枚である。問題1と問題2はそれぞれ別の解答用紙に解答すること。
- 6) 配布された解答用紙11枚（うち1枚は構造化学の専用解答用紙）は、白紙も含めてすべて提出すること。
- 7) 解答用紙の裏には何も書かないこと。

## 無機化学

1. 次の問い(a)~(c)に答えよ。

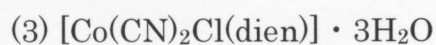
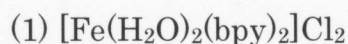
- (a) 過塩素酸リチウムは安定な水和物  $\text{LiClO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  を与えるが、他のアルカリ金属イオンの過塩素酸塩は水和物を与えない。この理由を説明せよ。
- (b) 現代の情報化社会を支える超高純度ケイ素の製造法を説明せよ。次のカッコ内の語句を参考にせよ。(ケイ石( $\text{SiO}_2$ )、コークス、塩素ガス、水素、還元、精製、ゾーンメルティング法、粗結晶、高純度結晶、超高純度結晶)
- (c)  $\text{PF}_3$  はルイス酸性を示さないが、 $\text{PF}_5$  は強いルイス酸性を示す。この理由を説明せよ。

2. 次の問い(a)~(e)に答えよ。

- (a) 固体状態の塩化ナトリウムは  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  イオンからなるイオン結晶 ( $\text{Na}^+\text{Cl}^-$ ) であり、気体状態の Na 原子と Cl 原子に比べ、エネルギー的に大きく安定化している。この安定化には正負のイオンが引き合い反発しあう静電エネルギーの総和が大きく寄与している。この静電エネルギーの総和を何と呼ぶか答えよ。
- (b) ナトリウムと塩素は逆電荷の塩 ( $\text{Cl}^+\text{Na}^-$ ) を与えない。この理由を電子の位置エネルギーの立場から説明せよ。
- (c) 金属には電気が流れるが、絶縁体には流れない。金属と絶縁体のエネルギーバンド図を示しながら、この理由を説明せよ。
- (d) 一般に、 $\text{Cu}^{2+}$  イオンは平面 4 配位の構造をとり、 $\text{Cu}^+$  イオンは四面体 4 配位の構造をとる。この理由を化学結合論の立場から説明せよ。
- (e) 結晶場理論と配位子場理論の違いを簡単に説明せよ。

3. 次の問い(a)~(e)に答えよ。

(a) 錯体(1)~(3)の IUPAC 名を英語で記述し、その構造を図示せよ。ただし、異性体を与えるものについては、可能な異性体を全て図示し、異性体の識別名を図の下側に記せ。また、IUPAC 名においては異性体識別名を省略せよ。



注) bpy = 2,2'-bipyridine

dien = diethylenetriamine ( $\text{H}_2\text{N}\cdot\text{CH}_2\text{CH}_2\cdot\text{NH}\cdot\text{CH}_2\text{CH}_2\cdot\text{NH}_2$ )

(b) 水素原子に関し、3 d 軌道の波動関数 (又は軌道関数) を全て図示し、各軌道の名称を記せ。また、図中に位相を表す符号も記せ。

(c) 金属イオンが八面体型の静電結晶場におかれると、d 軌道のエネルギー準位に分裂を生じる。この様子を示すエネルギー準位図を描き、各準位の名称を記せ。

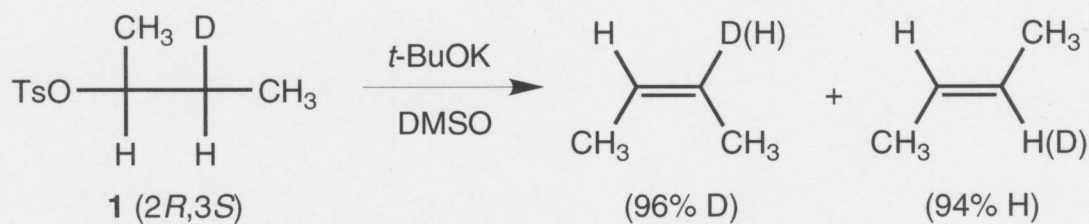
(d) d-d 遷移吸収帯のモル吸光係数が一般に小さい理由を説明せよ。

(e) 一般に、金属イオン M に CO 分子が配位すると C-O 結合距離は長くなる。図を示しながらこの理由を説明せよ。



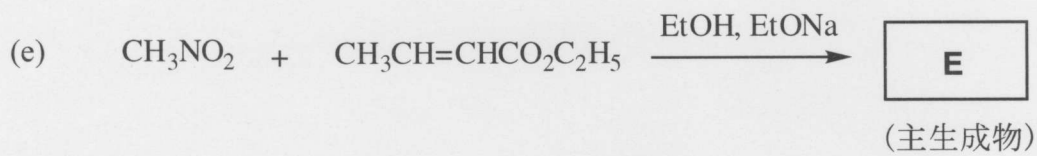
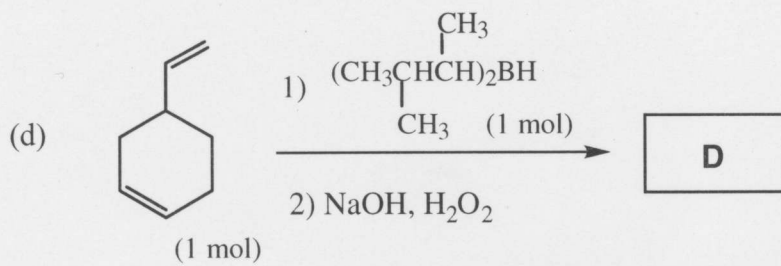
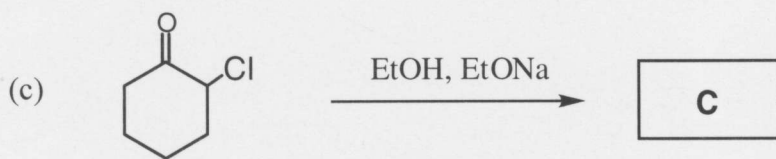
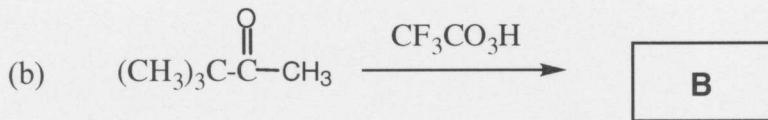
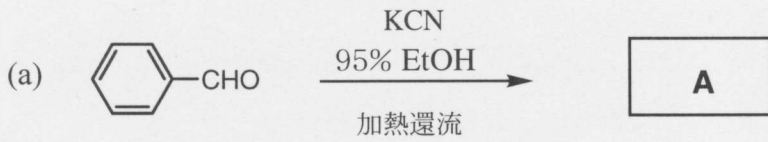
2. 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

(2*R*,3*S*)の絶対配置をもつ 2-ブタノール-3-*d*<sub>1</sub> の *p*-トルエンシルホン酸エステル (**1**) をジメチルスルホキシド (溶媒) 中、カリウム *t*-ブトキシドと反応させると、1-ブテンと 2-ブテンの混合物が得られた。そのうち、2-ブテン中の重水素分布を調べた結果、実質的にトランス体には重水素が含まれず、シス体のみに残った。



- 出発物質 **1** の構造式を、その立体化学が分かるように書け。
- シス-2-ブテンを与える **1** のコンホメーションを、ニューマン投影図で示せ。
- シス-2-ブテン、トランス-2-ブテンおよび 1-ブテンを、生成熱の大きいものから並べて示せ。
- 設問(c)の解答の根拠となる電子的および立体的要因を簡潔に述べよ。

3. 次の反応生成物 **A**~**E** を構造式で示せ。



## 構造化学

1. 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

Newton の力学と Maxwell の電磁気学に代表される古典物理学が対象としたのは、巨視的な世界の自然現象であり、そこでは、光は[ ア ]であると考えられていた。それは、光が[ イ ]や[ ウ ]を起こすためである。しかし、19 世紀終盤から、古典物理学では説明できないような現象が見出されるようになった。その一つは、高温の物体が発する光のスペクトルである。Planck は、それを説明するために[ エ ]仮説を提案した。これを機に光の本性についての理解が進んだ。Einstein は、光を[ ア ]であると考えた時の問題点を検討することにより[ オ ]仮説を提案した。それを裏付ける実験事実として、金属に光を当てたときに電子が飛び出す現象、[ カ ]が発見された。Einstein は、[ オ ]仮説にもとづいて[ カ ]の実験結果を説明することに成功した。[ オ ]仮説をさらに確実にしたのが、物質中の電子による X 線の散乱にみられる[ キ ]効果である。その際、一個の[ オ ]の運動量は、[ ク ]なる関係式で与えられることも示された。これ以後、光は[ オ ]といった名前ではなく[ ケ ]と呼ばれるようになった。ちなみに、[ ケ ]の静止質量は[ コ ]である。一方、de Broglie は、[ ク ]が光以外の粒子にも適用できると提唱した。

- (a) 空欄[ ア ]～[ コ ]に適切な語句または式をいれよ。ただし、記号を使用する場合は定義を与えること。
- (b) Planck の仮説の内容を簡潔に説明せよ。
- (c) Einstein の仮説の内容を簡潔に説明せよ。
- (d) タングステンの表面に波長 200 nm の光を当てたとき、最大エネルギーが  $2.69 \times 10^{-19}$  J の電子が放出された。波長を 150 nm にすると、電子の最大エネルギーは  $5.99 \times 10^{-19}$  J になった。Planck 定数およびタングステンの仕事関数の値を求めよ。単位もつけること。ただし、光速度は  $c = 3.00 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup> とする。
- (e) 長さ  $L$  の一次元の箱の中に質量  $m$  の微視的粒子が閉じ込められている（箱の中ではポテンシャルエネルギーが  $U = 0$ 、外では  $U = +\infty$  である）。微視的粒子が安定に存在するための条件式と de Broglie の式を使って、そのエネルギーを求めよ。



2.  $\text{H}_2$ 、 $\text{He}_2$ 、 $\text{He}_2^+$ に関する以下の問いに答えよ。

- (a) はじめに、 $\text{H}_2$ について考察する。2つの水素原子  $\text{H}_A$ 、 $\text{H}_B$  の規格化された  $1s$  軌道をそれぞれ、 $1s_A$ 、 $1s_B$  として、 $\text{H}_2$  の分子軌道を LCAO(linear combination of atomic orbitals) 近似で次のように表わす。

$$\varphi = c_1 1s_A + c_2 1s_B$$

この分子軌道  $\varphi$  のエネルギー  $\varepsilon$ 、および、分子軌道係数  $c_1$ 、 $c_2$  を求めるのに使われる方程式 (永年方程式) を書け。導出はしなくてよい。

ただし、

$$\begin{aligned} H_{AA} &= \int 1s_A^* \hat{H} 1s_A \, d\mathbf{r} = H_{BB} = \int 1s_B^* \hat{H} 1s_B \, d\mathbf{r} \\ H_{AB} &= \int 1s_A^* \hat{H} 1s_B \, d\mathbf{r} = \int 1s_B^* \hat{H} 1s_A \, d\mathbf{r} \quad (H_{AB} < 0) \\ S &= \int 1s_A^* 1s_B \, d\mathbf{r} = \int 1s_B^* 1s_A \, d\mathbf{r} \quad (S > 0) \end{aligned}$$

とし、重なり積分  $S$  は無視しない。また、 $\hat{H}$  はそれぞれの電子に対するハミルトニアンであり、その具体形を考える必要はない。

- (b) (a) の永年方程式を解き、軌道エネルギーと規格化された分子軌道を求めよ。

- (c) ここで、重なり積分  $S$  を無視し、さらに  $H_{AA} = H_{BB} = \alpha$ 、 $H_{AB} = \beta$  とおく。 $\text{H}_2$  の結合エネルギー (解離エネルギー) を  $\alpha$ 、 $\beta$  を用いて表せ。

ただし、 $\alpha$ 、 $\beta$  は水素原子間の距離に依存せず一定であるとする。

- (d) 次に、 $\text{He}_2$  と  $\text{He}_2^+$  について考察する。これらについても、重なり積分  $S$  を無視し、 $\text{H}_2$  と同じ値の  $\alpha$ 、 $\beta$  を用いることができるとする。

$\text{H}_2$  の結合エネルギー (解離エネルギー) は、 $430 \text{ kJ mol}^{-1}$  である。 $\text{He}_2$ 、 $\text{He}_2^+$  の結合エネルギーをそれぞれ求めよ。

- (e) (d) の結果を基に  $\text{He}_2$ 、 $\text{He}_2^+$  は安定な結合を形成するか答えよ。

3. 図1はシクロヘキサン中のピレンの吸収スペクトルと蛍光スペクトルである。長波長側 ( $\lambda > 340 \text{ nm}$ ) の吸収強度が小さいので、この領域を拡大したスペクトルを図中に矢印で示した。ピレンの濃度が高いシクロヘキサン溶液を用い、数ナノ秒の時間幅をもつ紫外光パルス照射して得られた発光スペクトルの時間変化を図2に示した。以下の問いに答えよ。

- (a) 吸収スペクトルの短波長側 ( $\lambda < 340 \text{ nm}$ ) と長波長側 ( $\lambda > 340 \text{ nm}$ ) では吸収強度が著しく異なる。強度の違いが生じる理由を説明せよ。
- (b) 吸収スペクトルの短波長側 ( $\lambda < 340 \text{ nm}$ ) には三つの吸収強度の大きいバンドが観測されている。このようなバンドの相対強度比は、どのような原理で決まっているか、その原理について簡潔に説明せよ。
- (c) シクロヘキサン中のピレンを  $335 \text{ nm}$  の強い吸収と  $360 \text{ nm}$  付近の弱い吸収をそれぞれ同じ強度をもつ紫外光で励起し、蛍光スペクトルを観測すると二つの蛍光スペクトルにはどのような違いが生じるか、予想せよ。
- (d)  $480 \text{ nm}$  に極大をもつ発光スペクトルはピレン濃度が低いときには観測されず、濃度が高くなるにつれて発光強度が増加する。どのような分子が  $480 \text{ nm}$  に極大をもつ発光スペクトルを与えるか。
- (e) スペクトル強度の時間変化から、どのような現象が起こっていると考えられるか。

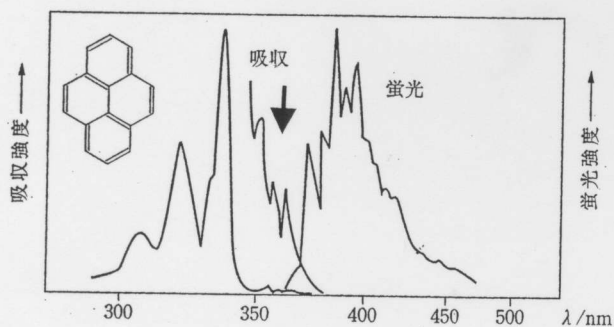


図1

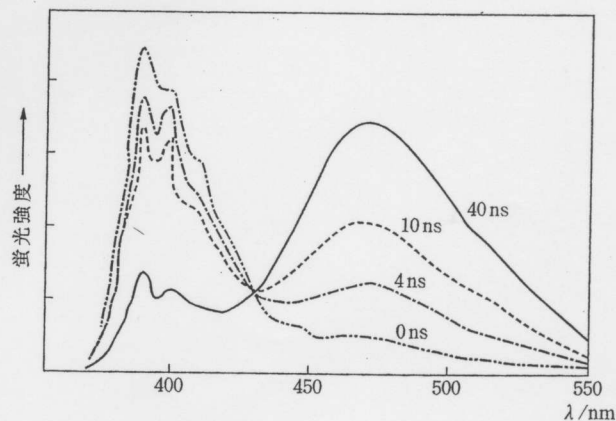


図2

## 物理化学

注意： $k_B$ 、 $h$ は、それぞれ、ボルツマン定数、プランク定数を表す。

1. 次に示す一次の素反応について、定圧条件での反応速度の温度依存性に関する問い(a)-(c)に答えよ。 $k_1$ は、速度定数を表す。



- (a) この反応の反応速度  $v$  の定義をモル濃度  $C$  を用いて表し、速度式をモル濃度  $C$  を用いて書け。
- (b) アレニウスの活性化エネルギー  $E_a$  を用いて次式の右边を完成させよ。 $T$ は温度を表す。

$$\frac{d \ln k_1}{dT} = \quad \text{②}$$

- (c) この反応の反応速度の温度依存性を遷移状態理論に従って考える。

- (1) 次のアレニウス式の右边をアレニウスの頻度因子  $A$  を用いて完成させよ。

$$k_1 = \quad \text{③}$$

- (2) 遷移状態理論では速度定数  $k_1$  は次式で表される。ただし透過係数は1とした。

$$k_1 = \frac{k_B T}{h} K^\ddagger \quad \text{④}$$

$K^\ddagger$  と活性化ギブズ(自由)エネルギー(活性化に伴う標準ギブズ(自由)エネルギー変化)  $\Delta G^\ddagger$  とを関係付ける式を書け。

- (3) 問い(2)の結果から、アレニウスの頻度因子  $A$  と活性化エントロピー  $\Delta S^\ddagger$  の間の関係式を導出せよ。
- (4) 気相中の素反応において、一次反応の  $|\Delta S^\ddagger|$  は小さな値であるのに対し、二次反応(例えば  $\text{A(g)} + \text{C(g)} \rightarrow \text{D(g)}$ ) の  $\Delta S^\ddagger$  は多くの場合負であり、その絶対値は大きな値である。その理由を述べよ。

注意：  $R$  は、気体定数を表す。

2. 成分 1 と成分 2 からなる溶液相と気相の平衡を考える。溶液相および気相での成分 2 のモル分率を  $x_2$  および  $y_2$  として、以下の問いに答えよ。

(a) 温度  $T$  における純液体の蒸気圧はそれぞれ  $p_1^*$  と  $p_2^*$  である。成分  $i$  の分圧が  $p_i$  であるとき、成分  $i$  の気相中での化学ポテンシャルは、標準圧力  $p^\circ$  における標準化学ポテンシャル  $\mu_i^{V,\circ}(T)$  を用いて

$$\mu_i^V(T, p_i) = \mu_i^{V,\circ}(T) + RT \ln(p_i / p^\circ)$$

で表され、また純液体の化学ポテンシャルは考えている範囲では圧力に依存しないとする。溶液は完全溶液（理想溶液）であるとして、溶液相－気相の平衡条件から以下を導出せよ。

(1) 全圧  $p$  と  $x_2$  との関係を表す式

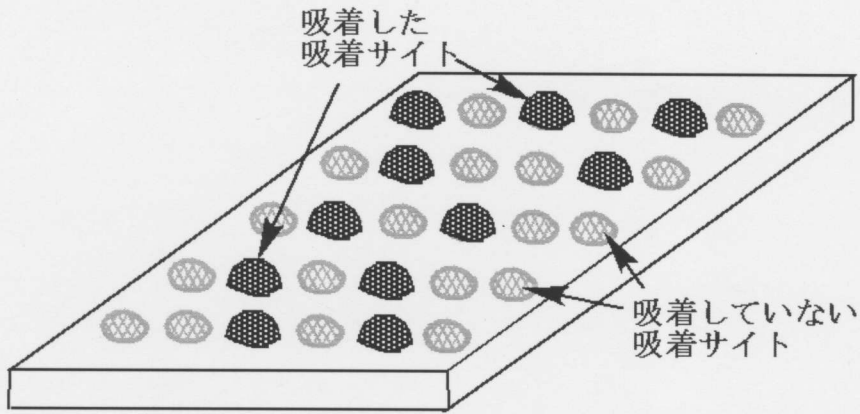
(2) 全圧  $p$  と  $y_2$  との関係を表す式

(b) 成分 2 は不揮発性であるとする。成分 1 に成分 2 を微量加えて理想希薄溶液を作った。

(1) 溶液の蒸気圧は低下する。低下する理由を、溶液相および気相における成分 1 の化学ポテンシャルをもとに考察せよ。

(2) 成分 1 のモル質量  $M_1$  が既知であるとき、この蒸気圧の低下から成分 2 のモル質量  $M_2$  を求める式を導出せよ。

3. 1分子しか吸着しない  $N$  個の吸着サイト（下図参照）が温度  $T$  の熱浴に接している系を考える。必要ならば、大きな数  $n$  に対して成立する関係式（スターリングの近似式） $\ln n! \approx n(\ln n - 1)$  を用いて次の問いに答えよ。



- $N$  個の吸着サイトに、区別のできない  $M$  個の分子が吸着している時の系のエントロピー  $S$  を、 $N$  と  $M$  の関数として表せ。
- 1 分子が吸着した吸着サイトのエネルギーは  $\epsilon$ 、吸着していない吸着サイトのエネルギーは 0 とする。1 個の吸着サイトの分配関数  $Z_1$  を求めよ。
- $N$  個の吸着サイトの分配関数  $Z_N$  を求めよ。
- サイト 1 個の平均エネルギー  $\bar{E}$  を求めよ。
- サイト 1 個に吸着している平均分子数を求めよ。

## 分析化学

注意：全ての化学種の活量係数は 1 とする。数値計算の場合には、導出の過程がわかるように解答すること。数値は有効数字 2 桁で示せ。また、単位を必要とする場合には、単位を明記すること。

1. 以下の問いに答えよ。

(a) 次の滴定を行う際、当量点付近で濃度が大きく変化する化学種をそれぞれの滴定について二つずつ答えよ。ただし、加水分解などの副反応は起こらないものとする。

(1)  $0.01 \text{ mol dm}^{-3}$  HCl 水溶液を  $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$  NaOH 水溶液で滴定する。

(2)  $0.01 \text{ mol dm}^{-3}$  NaCl 水溶液を  $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$  AgNO<sub>3</sub> 水溶液で滴定する。

(3)  $0.01 \text{ mol dm}^{-3}$  FeSO<sub>4</sub> 水溶液を  $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$  Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 水溶液で滴定する。

(b) H<sub>2</sub>S の水溶液への溶解度  $s$  ( $\text{mol dm}^{-3}$ ) は、その溶液の水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  に依存する。1 atm の H<sub>2</sub>S(g) と平衡にある水溶液の  $s$  を  $K_0$ 、 $K_{a1}$ 、 $K_{a2}$  を用いて  $[\text{H}^+]$  の関数として表せ。ただし、 $K_0$  ( $\text{atm}^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$ ) は H<sub>2</sub>S の水への溶解反応  $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}(\text{aq})$  の平衡定数とし、 $K_{a1}$  ( $\text{mol dm}^{-3}$ ) および  $K_{a2}$  ( $\text{mol dm}^{-3}$ ) はそれぞれ H<sub>2</sub>S (aq) の第一酸解離定数および第二酸解離定数とする。

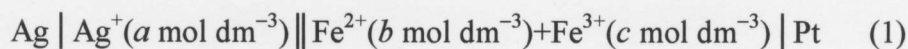
(c) 金属イオン  $\text{M}^{2+}$  と酸 HL は錯体  $\text{ML}_2$  のみを生成する。その錯生成反応  $\text{M}^{2+} + 2\text{L}^- \rightleftharpoons \text{ML}_2$  の生成定数を  $K = 1.0 \times 10^8$  ( $\text{mol}^{-2} \text{ dm}^6$ ) とする。ここで、HL の酸解離定数を  $K_a = 1.0 \times 10^{-5}$  ( $\text{mol dm}^{-3}$ ) とする。金属イオンの全濃度が  $C_M = 1.0 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$  で、配位子の全濃度が  $C_L = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$  の溶液について次の問いに答えよ。

(1) 遊離配位子濃度  $[\text{L}^-]$  と  $[\text{H}^+]$  の関係が近似的に次式で表されることを示せ。

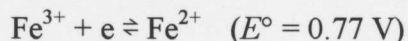
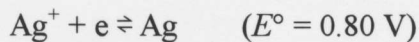
$$[\text{L}^-] = \frac{C_L}{1 + [\text{H}^+]/K_a}$$

(2) 溶液の pH が 1.00 と 5.00 のとき、それぞれの pH における錯体  $\text{ML}_2$  と遊離金属イオン  $\text{M}^{2+}$  の濃度比  $[\text{ML}_2]/[\text{M}^{2+}]$  を求めよ。

2. 298 K、1 atm における次のガルバニ電池に関連する以下の問いに答えよ。



ただし、 $RT \ln 10 / F = 0.060 \text{ V}$  とし、次の標準電位  $E^\circ$  を用いよ。



- (a) すべての化学種の濃度が  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  のとき、反応  $\text{Ag} + \text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Fe}^{2+}$  の起電力を計算せよ。
- (b) 反応  $\text{Ag} + \text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Fe}^{2+}$  の平衡定数を  $K$  とする。  $\log K$  を求めよ。
- (c) すべての化学種の濃度が  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  のとき、カソード反応およびアノード反応を示せ。
- (d) 式(1)において、 $a = 0.010$ 、 $b = 0.0010$ 、 $c = 0.100$  とするとき、反応  $\text{Ag} + \text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Fe}^{2+}$  の起電力を計算せよ。また、式(1)の極性を示せ。

3. 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

酸または塩基を加えても、あるいは、希釈しても、その pH がほとんど変化しない溶液を [ (ア) ] という。互いに [ (イ) ] である一組の酸塩基の混合溶液は [ (ア) ] となる。つまり、酸は加えられた水酸化物イオンと反応し、同様に、[ (イ) ] 塩基は加えられた水素イオンと反応する。例えば、酢酸と酢酸ナトリウムの混合溶液は、典型的な [ (ア) ] であり、加えられた水素イオンや水酸化物イオンとは、次の反応式



に従って反応する。  $K_a$  を酢酸の酸解離定数とすると、この溶液の pH は

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log ( \text{ウ} ) \quad (3)$$

であるから、[ (ウ) ] の値が [ (エ) ] 倍変化しても pH は 1 しか増加しない。

- (a) (ア) から (エ) に最も適当な語句、数値または式を答えよ。
- (b) 酸HAをNaOH水溶液で滴定する場合、滴定前のHAの物質量を $n_A$  (mmol)、加えた強塩基の物質量を $n_{Na}$  (mmol)、溶液の体積を $V$  (cm<sup>3</sup>)とする。HAおよびA<sup>-</sup>の濃度を $n_A$ 、 $n_{Na}$ および $V$ を用いて表せ。ただし、 $n_A > n_{Na}$ とする。
- (c) (b)で求めたHAおよびA<sup>-</sup>の濃度を式(3)に代入し、 $n_{Na}$ で微分すれば、滴定曲線の勾配 $\frac{dpH}{dn_{Na}}$ が求まる。 $\frac{dpH}{dn_{Na}}$ を $n_A$ および $n_{Na}$ を用いて表わせ。

4. 次の(a)~(d)から3項目を選び、それぞれ100~200字にまとめて説明せよ。

- (a) 酸塩基指示薬の変色域が通常pH単位で2の幅をもつ理由。
- (b) エネルギーの強い $\beta$ 線の放射能を測定する場合に、測定用の試料皿(支持台)の厚みと材料に注意を払う理由。
- (c) キレート滴定におけるマスク剤の具体的な例と役割。
- (d) 分光光度法におけるモル吸光係数の定義および単位。



## 生物化学

1. 酵素化学の研究は、目的タンパク質を精製し、その諸性質を明らかにすることから始まる。以下の問いに答えよ。
  - (a) 複数のタンパク質を含む溶液から目的タンパク質を分離・精製したい。どのような方法があるか。一つ例を挙げて、その分離・精製方法の名称を記し、原理について説明せよ。
  - (b) タンパク質の等電点とは何か。簡潔に説明せよ。
  - (c) タンパク質のアミノ酸配列の決定にエドマン分解を用いたい。エドマン分解で用いるフェニルイソチオシアネート (PITC) の構造式を書け。さらに、エドマン分解の原理を簡潔に説明せよ。なお、アミノ酸の側鎖は R で表わすこと。
  - (d) 精製したタンパク質の一つは酵素であった。その酵素を沸騰水中で加熱すると失活した。この原因を説明せよ。
  - (e) 精製した酵素は、活性の発現に亜鉛が必須なプロテアーゼであった。
    - (1) このような酵素を何と呼ぶか。名称を記せ。
    - (2) この酵素に特異的な阻害剤の例を一つ挙げ、その阻害機構を説明せよ。
    - (3) このプロテアーゼの基質切断部位を実験的に調べ、特異性を明らかにしたい。どのように調べるか。一つ例を挙げて簡潔に説明せよ。

2. エネルギー代謝に関連する以下の問いに答えよ。

- (a) 嫌氣的解糖は、哺乳類でも酵母でもピルビン酸生成までは全く同じ反応過程をたどるが、ピルビン酸から最終生成産物に至る反応過程は異なっている。
- (1) 哺乳類と酵母において、ピルビン酸から最終生成物に至る過程をそれぞれ書け。
  - (2) 細胞が嫌氣的解糖のみでエネルギーを得る際に、ピルビン酸から最終生成物に至る反応過程は必要不可欠である。この理由を述べよ。
- (b) 細胞が好氣的条件に置かれると、効率良くエネルギーを得るように代謝を変化させ、この結果、糖は完全酸化される。
- (1) 解糖で生じたピルビン酸はアセチル-CoA に変換されたのち、そのアセチル基の炭素原子は  $\text{CO}_2$  に酸化される。この酸化を行う反応系の名称および真核生物における反応の場の名称を答えよ。さらにエネルギー獲得におけるこの反応系の役割を答えよ。
  - (2) 好氣的条件下でより効率の良いエネルギー獲得系に代謝が変化すると、解糖で生じた  $\text{NADH}$  を細胞質だけでは再酸化できなくなる。この理由を答えよ。
- (c) 好氣的条件下では、細胞質の  $\text{NADH}$  がリンゴ酸-アスパラギン酸シャトルか、またはグリセロールリン酸シャトルで再酸化されて解糖が進行する。酵母で主に働いているグリセロールリン酸シャトルについて簡潔に説明せよ。
- (d) グリセロールは細胞質でグリセロールキナーゼにより、グリセロール 3-リン酸に変換される。さらに、グリセロール 3-リン酸は細胞質でジヒドロキシアセトンリン酸に酸化され直接解糖系に入る。このように、グリセロールは途中から糖と同じ反応を受けるが、酵母がグリセロールを唯一の炭素源として生育する場合、生育には好氣的条件が必要である。この理由を述べよ。