

化 学

1, 2, 3, 4 の各問に答えよ。必要であれば、以下の数値を用いよ。

原子量: H = 1.0; C = 12.0; N = 14.0; O = 16.0; S = 32.1; Fe = 55.9; Cu = 63.6; Zn = 65.4

Ag = 107.9; Pb = 207.2

酸の電離定数: K_a (酢酸) = 2.7×10^{-5} mol/L; 塩基の電離定数: K_b (アンモニア) = 2.3×10^{-5} mol/L

水のイオン積: $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)²

ファラデー定数(F): $F = 9.65 \times 10^4$ C/mol

$\sqrt{2} = 1.41$; $\sqrt{3} = 1.73$; $\sqrt{5} = 2.24$; $\sqrt{6.48} = 2.55$; $\sqrt{42.3} = 6.50$

$\log_{10} 0.22 = -0.658$; $\log_{10} 0.455 = -0.342$; $\log_{10} 1.26 = 0.100$; $\log_{10} 1.41 = 0.149$; $\log_{10} 1.73 = 0.238$

$\log_{10} 2 = 0.301$; $\log_{10} 2.24 = 0.350$; $\log_{10} 2.3 = 0.362$; $\log_{10} 2.52 = 0.401$; $\log_{10} 2.7 = 0.431$

$\log_{10} 3 = 0.477$; $\log_{10} 3.08 = 0.489$; $\log_{10} 3.09 = 0.490$; $\log_{10} 3.24 = 0.511$; $\log_{10} 4.55 = 0.658$

$\log_{10} 5 = 0.699$; $\log_{10} 6 = 0.778$; $\log_{10} 6.48 = 0.812$; $\log_{10} 9 = 0.954$; $\log_{10} 12.69 = 1.103$

$\log_{10} 23 = 1.362$

トランス-2-ブテン(気)の生成熱 11 kJ/mol; 二酸化炭素(気)の生成熱 394 kJ/mol

水(液)の生成熱 286 kJ/mol

シス-2-ブテン(気)の燃焼熱 2713 kJ/mol(燃焼熱における最終生成物の水の状態は水(液)である。)

上記の生成熱と燃焼熱の正の値は発熱反応を示す。

等電点: グルタミン酸 3.2; リシン 9.7; アラニン 6.0

1 各問の解答を与えられた選択肢から一つ選べ。

問 1 次の物質で、最も弱い酸を選べ。ただし、水に溶かした状態で考えよ。

- a. 硝酸 b. 塩化水素 c. 臭化水素
d. フッ化水素 e. ヨウ化水素

問 2 下記のア、イの両方を満たす金属イオン水溶液の金属イオンを選べ。

ア: 少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると沈殿を生じるが、過剰に加えると溶ける。

イ: 少量のアンモニア水を加えると沈殿を生じるが、過剰に加えると溶ける。

- a. Ag^+ b. Al^{3+} c. Ca^{2+} d. Cu^{2+} e. Zn^{2+}

問 3 次の中で、融点が最も低い脂肪酸を選べ。

- a. パルミチン酸 $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{COOH}$
b. ステアリン酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{COOH}$
c. リノレン酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{28}\text{COOH}$
d. リノール酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{30}\text{COOH}$
e. オレイン酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{32}\text{COOH}$

問 4 横軸に温度、縦軸に圧力を書き、温度と圧力によって物質が気体、液体、固体のどの状態にあるかを表した図を状態図という。簡略に状態図を書くことで、1気圧(1.013 × 10⁵ Pa)と水や二酸化炭素の三重点における圧力の比較ができる。三重点では固体、液体、気体が共存する。

圧力の低い順に $\boxed{\text{ア}} < \boxed{\text{イ}} < \boxed{\text{ウ}}$ で表される。ア、イ、ウについて正しい組合せを選べ。

	ア	イ	ウ
a. 水の三重点の圧力	1気圧	二酸化炭素の三重点の圧力	二酸化炭素の三重点の圧力
b. 水の三重点の圧力	二酸化炭素の三重点の圧力	1気圧	1気圧
c. 1気圧	二酸化炭素の三重点の圧力	水の三重点の圧力	水の三重点の圧力
d. 1気圧	水の三重点の圧力	二酸化炭素の三重点の圧力	二酸化炭素の三重点の圧力
e. 二酸化炭素の三重点の圧力	1気圧	水の三重点の圧力	水の三重点の圧力

問 5 次の物質で、無極性分子を選べ。

- a. 水 b. 塩化水素 c. アンモニア
d. メタノール e. 二酸化炭素

問 6 原子量を求めるときの、原子の相対質量の基準を選べ。

- a. ¹H 1 個の質量を 1 とする。
b. ⁴He 1 個の質量を 4 とする。
c. ¹²C 1 個の質量を 12 とする。
d. 陽子数と中性子数の和
e. 陽子数と中性子数、電子数の和

2 (A), (B), (C), (D) の各問の解答を与えられた選択肢から一つ選べ。

(A) 以下の各問に答えよ。ただし、pH を求める場合は記載した電離定数や水のイオン積が成り立っているものとして答えよ。また、空気中の気体の水溶液への溶解は無視するものとする。なお、水溶液及び水を混合する場合、混合した体積は加える前の体積の和と等しいとする。

問 1 0.120 mol/L 酢酸ナトリウム水溶液 100.0 mL に 0.120 mol/L 塩酸 100.0 mL を加え攪拌した。この水溶液の pH として最も近いのを選べ。

- a. 2.75 b. 2.90 c. 3.30 d. 5.10 e. 7.00

問 2 1×10^{-4} mol/L の濃度から 1×10^{-1} mol/L の濃度の範囲で、酢酸の電離度について正しい記述を選べ。

- a. 濃度に比例する。
- b. 濃度の 2 乗に比例する。
- c. 濃度に関係なく 1 である。
- d. 濃度が薄くなると値が大きくなる。
- e. 濃度に関係なく一定値となるが、1 ではない。

問 3 0.920 mol/L アンモニア水溶液 100.0 mL に蒸留水 100.0 mL を加え攪拌した。この水溶液の pH として最も近いのを選べ。

- a. 2.49 b. 9.15 c. 10.49 d. 11.51 e. 11.66

(B) ダニエル電池を組み立てた。正極側の溶液と負極側の溶液はそれぞれ 0.5 mol/L の濃度とする。正極側の溶液と負極側の溶液の間は多孔質の素焼き板で仕切っている。素焼き板はイオンを通すものとして各問に答えよ。

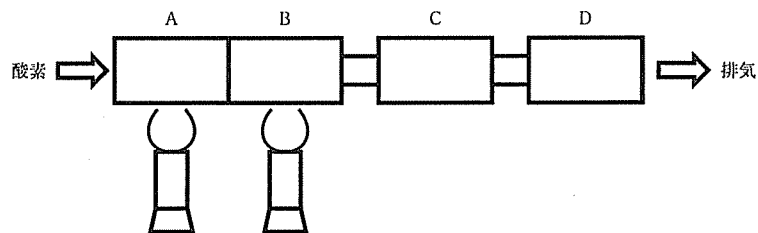
問 4 電気量 19.3 C が放電したとき、ダニエル電池の正極の質量変化を選べ。

- a. 6.36 mg 増加 b. 6.36 mg 減少 c. 6.54 mg 増加
- d. 6.54 mg 減少 e. 変化しない

問 5 放電中に起こる現象として正しい記述を選べ。

- a. 正極側から負極側の溶液に硫酸イオンが移動する。
- b. 正極側の溶液中の銅イオンが増加する。
- c. 正極から水素が激しく発生する。
- d. 負極に亜鉛が付着する。
- e. 正極に硫黄が付着する。

(C) 図は元素分析の装置を模式的に表したものである。図の左側からは乾燥した酸素を流している。Bには酸化銅(II)がある。ソーダ石灰と塩化カルシウムはA～Dの元素分析として適した場所にある。以下、元素分析として適した実験を行った。Aに炭素・水素・酸素からなる有機化合物の試料72mgを入れ酸素を送りながら燃焼させた。管Cに含まれている物質は72mg、管Dに含まれている物質は176mg、それぞれ質量が増加した。以下の各問に答えよ。



問6 有機化合物の組成式を求めるための実験として、Bに酸化銅(II)を入れる理由を選べ。

- 水蒸気を吸収させるため。
- 二酸化炭素を吸収させるため。
- 試料を完全に燃焼させるため。
- Cで吸収される銅の化合物を生成させるため。
- Dで吸収される銅の化合物を生成させるため。

問7 この有機化合物の組成式を選べ。

- a. C_2H_4O b. C_3H_6O c. C_3H_8O d. C_4H_6O e. C_4H_8O

(D) ブタノールについて以下の各問に答えよ。

問8 1-ブタノールと2-ブタノールの不斉炭素原子数について正しい組合せを選べ。

	1-ブタノール	2-ブタノール
a.	0	0
b.	0	1
c.	1	0
d.	1	1
e.	1	2

問9 2-ブタノールに硫酸酸性条件下で二クロム酸カリウム溶液を加えてできた有機化合物の生成物について正しい記述を選べ。

- 強酸である。
- 鏡像異性体が存在する。
- さらに酸化するとカルボン酸になる。
- 塩基性条件下でヨウ素を加えると、黄色い物質が生じる。
- アンモニア性硝酸銀水溶液を加えてその溶液を温めると、銀が析出する。

問10 1-ブタノールを酸化すると **ア** が生成し、さらに酸性条件下で酸化すると **イ** が生成する。1-ブタノール、**ア**、**イ** の物質について正しい記述を選べ。

- 1-ブタノールに塩化ナトリウムを加えると水素が激しく発生する。
- ア** とエタノールが反応するとエステルが生成する。
- ア** にフェーリング液を加え、その溶液を加熱すると、赤色沈殿が生じる。
- イ** を水に溶かすと塩基性を示す。
- イ** の炭素原子と酸素原子の比は4:1である。

3 (A), (B) の各問の解答を与えられた選択肢から一つ選べ。

(A) 濃度未知の酢酸水溶液の濃度を求めるため、以下の各実験を行った。ただし、空気中の気体の溶解は無視するものとして以下の各問に答えよ。また、使用するビュレットはコック(活栓)側を下にしたとき、上側に 0 mL の目盛りがあり、下にいくにつれて目盛りが大きくなる。イ はガラス器具の名称である。

実験 1 0.100 mol/L シュウ酸水溶液 100.0 mL を以下の手順で調製した。シュウ酸二水和物 ア g を量り取り、蒸留水で良く溶かし、100 mL の イ に入れた。イ の容器にある線まで蒸留水を入れ、よく混ぜた。

実験 2 0.100 mol/L シュウ酸水溶液 10.0 mL をコニカルビーカーに入れ、フェノールフタレインを加えた。濃度未知の NaOH 水溶液 A をビュレットに入れ、滴定を始めた。滴定開始前のビュレットの目盛りは 10.00 mL で、溶液の色の変化がおきたときのビュレットの目盛りは 32.00 mL であった。

実験 3 濃度未知の酢酸水溶液 B 10.0 mL を 250 mL の イ に入れた。蒸留水を加え、全量を 250 mL にした後、よく混ぜた。この希釈した酢酸水溶液を 25.0 mL とり、コニカルビーカーに入れ、フェノールフタレインを加えた。実験 2 で用いた NaOH 水溶液 A をビュレットに入れ、滴定を始めた。滴定開始前のビュレットの目盛りは 20.00 mL で、溶液の色の変化がおきたときのビュレットの目盛りは 31.00 mL であった。

問 1 正確に 0.100 mol/L シュウ酸水溶液を調製するのに、実験 1 の ア , イ として最もふさわしい組合せを選べ。

- | | | |
|----|-------|--------|
| | ア | イ |
| a. | 0.900 | ビーカー |
| b. | 0.900 | メスフラスコ |
| c. | 0.900 | 三角フラスコ |
| d. | 1.260 | ビーカー |
| e. | 1.260 | メスフラスコ |
| f. | 1.260 | 三角フラスコ |

問 2 NaOH 水溶液 A のモル濃度は有効数字 2 桁で ウ . エ $\times 10^{\square}$ mol/L である。ウ, エ, オに適する数字をそれぞれ選べ。

- | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| ウ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| エ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| オ | a. -6 | b. -5 | c. -4 | d. -3 | e. -2 |
| | f. -1 | g. 0 | h. 1 | i. 2 | j. 3 |

問 3 実験 3 の下線(a)で、過不足なく中和したときの水溶液は カ である。このときの溶液の色は キ となった。カ , キ として適した組合せを選べ。

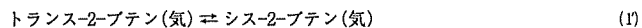
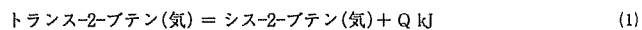
- | | | |
|----|-----|----|
| | カ | キ |
| a. | 酸性 | 無色 |
| b. | 酸性 | 赤色 |
| c. | 中性 | 無色 |
| d. | 中性 | 赤色 |
| e. | 塩基性 | 無色 |
| f. | 塩基性 | 赤色 |

問 4 酢酸水溶液 B の酢酸の濃度 (mg/mL) は有効数字 2 桁で ク . ケ $\times 10^{\square}$ mg/mL である。ク, ケ, コに適する数字をそれぞれ選べ。

- | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| ク | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| ケ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| コ | a. -6 | b. -5 | c. -4 | d. -3 | e. -2 |
| | f. -1 | g. 0 | h. 1 | i. 2 | j. 3 |

4 (A), (B) の各問の解答を与えられた選択肢から一つ選べ。

(A) トランス-2-ブテンとシス-2-ブテンの物理的性質と化学的性質について考える。トランス-2-ブテンとシス-2-ブテンの融点は **ア**。触媒存在でトランス-2-ブテンに水素が付加した生成物と、触媒存在でシス-2-ブテンに水素が付加した生成物は **イ**。また、過剰量のトランス-2-ブテンを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に通じたときのその水溶液の色と、過剰量のシス-2-ブテンを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に通じたときのその水溶液の色は **ウ**。次に、トランス-2-ブテンとシス-2-ブテンの安定性について熱化学方程式で考える。(1)式の熱化学方程式をつくり、その Q の値から 2-ブテンについての安定性が判定できる。



この Q の値を計算すると、 $\frac{\Delta}{\text{オ}}$ となる。その値から 2-ブテンについてシス型はトランス型よりもエネルギーが **カ** である。ある条件下、(1)式で平衡状態に達するとシス型とトランス型の割合は Q の値から得られるエネルギー差の予測と同じである。エネルギーの低いほうに割合が多くなる。この場合、(1)式の平衡定数 K は **キ** である。

問 1 **ア**, **イ**, **ウ** に適することばの正しい組合せを選べ。

- | | ア | イ | ウ |
|----|-------|-------|-------|
| a. | 異なる | 異なる | 異なる |
| b. | 異なる | 同じである | 異なる |
| c. | 異なる | 同じである | 同じである |
| d. | 同じである | 異なる | 異なる |
| e. | 同じである | 異なる | 同じである |
| f. | 同じである | 同じである | 異なる |

問 2 トランス-2-ブテンとシス-2-ブテンの関係で正しいのを選べ。

- 構造異性体の関係であり、シス-トランス異性体の関係である。
- 立体異性体の関係であり、幾何異性体の関係である。
- 立体異性体の関係であり、鏡像異性体の関係である。
- 構造異性体の関係であり、立体異性体の関係であり、シス-トランス異性体の関係である。
- 構造異性体の関係であり、鏡像異性体の関係である。
- 異性体の関係でない。

問 3 (1)式の Q の値は $\frac{\Delta}{\text{オ}}$ である。エには適する符号を、オには適する数値をそれぞれ選べ。

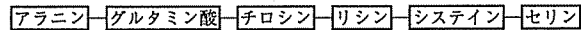
- | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| エ | a. + | b. - | | | |
| オ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |

問 4 **カ**, **キ** に適することばや式を選べ。

- | | カ | キ |
|----|-------|---------|
| a. | 低く安定 | $K > 1$ |
| b. | 低く安定 | $K = 1$ |
| c. | 低く安定 | $K < 1$ |
| d. | 高く不安定 | $K > 1$ |
| e. | 高く不安定 | $K = 1$ |
| f. | 高く不安定 | $K < 1$ |

(B) 次に示すポリペプチド A が含まれているポリペプチド A 溶液を用いて実験 1、実験 2、実験 3 を別々に行った。下図のポリペプチド A の左端にはアミノ基が、右端にはカルボキシ基がある。側鎖はペプチド結合に使われていない。ポリペプチド A を構成するアミノ酸は全て L-アミノ酸(L 体)である。また、このポリペプチド A を構成する一部のアミノ酸について実験 4を行った。ただし、ポリペプチド A を別としてポリペプチド A 溶液には実験 1、実験 2、実験 3 で反応する物質は含まれていない。

ポリペプチド A



実験 1：ポリペプチド A 溶液に水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(II)水溶液を加えた。

実験 2：ポリペプチド A 溶液に濃硝酸を加えて加熱し、冷却後にアンモニア水を加えた。

実験 3：ポリペプチド A 溶液に水酸化ナトリウムを加え加熱した後、酢酸鉛(II)を加えた。

実験 4：グルタミン酸、リシン、アラニンを pH 6.0 で電気泳動した。

問 5 実験 1、実験 2、実験 3 において起こる現象の組合せを選べ。

実験 1	実験 2	実験 3
a. 赤紫色を呈する	橙黄色を呈する	黒色沈殿を生じる
b. 赤紫色を呈する	橙黄色を呈する	反応しない
c. 橙黄色を呈する	赤紫色を呈する	黒色沈殿を生じる
d. 橙黄色を呈する	赤紫色を呈する	反応しない
e. 赤紫色を呈する	青色を呈する	反応しない
f. 橙黄色を呈する	青色を呈する	黒色沈殿を生じる

問 6 ポリペプチド A を構成するアミノ酸で、実験 2の結果の原因となるアミノ酸を選べ。

- a. アラニン b. グルタミン酸 c. チロシン
d. リシン e. システイン f. セリン

問 7 L-アミノ酸と D-アミノ酸(D 体)の混合、または D-アミノ酸のみでポリペプチド A とアミノ酸配列を同じにしたポリペプチドを合成した場合、L-アミノ酸のみで構成されたポリペプチド A の鏡像異性体の最大の数を選べ。ただし、L-アミノ酸のみのポリペプチド A は鏡像異性体数に含めないものとする。また、電離による構造の違いは無視せよ。例えば、L-アミノ酸のみで構成されたポリペプチド A は電離の違いに関わらず 1 つと考えよ。また、側鎖はペプチド結合に使われずとする。

- a. 0 b. 1 c. 31 d. 63 e. 719 f. 46079

問 8 実験 4において電気泳動を行ったとき、グルタミン酸、リシン、アラニンの最初に塗布した位置からの移動について、正しい組合せを選べ。

グルタミン酸	リシン	アラニン
a. 陰極側へ移動	陰極側へ移動	陰極側へ移動
b. 陰極側へ移動	陽極側へ移動	移動しない
c. 陰極側へ移動	陽極側へ移動	陽極側へ移動
d. 陽極側へ移動	陰極側へ移動	移動しない
e. 陽極側へ移動	陰極側へ移動	陰極側へ移動
f. 陽極側へ移動	陽極側へ移動	陽極側へ移動