

化 学

計算に必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量：H 1, C 12, N 14, O 16, F 19, Na 23, Mg 24, Al 27,

Si 28, P 31, S 32, Ar 40, K 39, Ca 40, Cr 52, Mn 55,

Fe 56, Cu 64, Zn 65, Br 80, Ag 108, I 127

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol}) = 8.3 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

対数： $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 7 = 0.85$

体積の単位リットルの記号には大文字の L を用いている。

1 各問いに答えよ。

- (1) 天然に存在する塩素には質量数の異なる ^{35}Cl と ^{37}Cl がある。 ^{35}Cl と ^{37}Cl の相対質量はそれぞれ 34.969 と 36.966 である。この 2 つの同位体の存在比から求めた塩素の原子量は 35.45 になる。 ^{35}Cl と ^{37}Cl の存在比に最も近いものはどれか。一つ選べ。 **ア**

	^{35}Cl [%]	^{37}Cl [%]
①	10	90
②	25	75
③	50	50
④	75	25
⑤	90	10

(2) 次の文 a ~ c 中の酸素は、元素と単体のどちらを表しているか。正しい組合せを一つ選べ。 **イ**

- a 水を電気分解すると、水素と酸素が発生する。
 b 水にも過酸化水素にも、酸素が含まれている。
 c 酸素とオゾンは互いに同素体である。

	a	b	c
①	元素	元素	元素
②	元素	元素	単体
③	元素	単体	元素
④	元素	単体	単体
⑤	単体	単体	単体
⑥	単体	単体	元素
⑦	単体	元素	単体
⑧	単体	元素	元素

(3) 次の分子①~⑤のうち、非共有電子対の数が最も多い分子はどれか。一つ選べ。 **ウ**

- ① $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ② $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$ ③ $\text{H}-\text{Cl}$
 ④ $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ ⑤ $\text{O}=\text{C}=\text{O}$

(4) 次の分子のうち、極性分子はどれか。すべて選び、**エ**にすべてマークせよ。

- ① N_2 ② HF ③ H_2S
 ④ CH_3Cl ⑤ CCl_4

(5) 質量パーセント濃度 28 % のアンモニア水がある。1.0 mol/L アンモニア水 500 mL をつくるには、28 % アンモニア水は何 mL 必要か。最も近い値を一つ選べ。ただし、28 % アンモニア水の密度は 0.90 g/mL とする。 mL

- ① 17 ② 34 ③ 50
④ 67 ⑤ 83

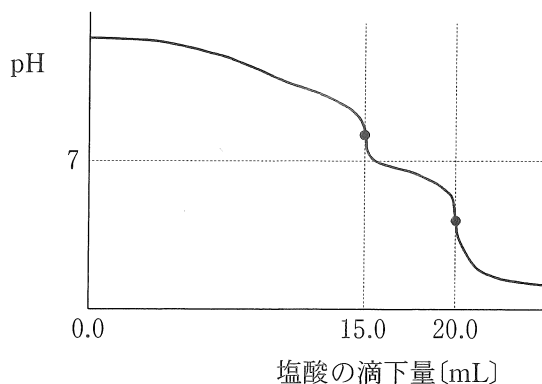
(6) 尿素水溶液において、尿素のモル濃度または質量モル濃度から、尿素のモル分率を求めたい。次の①～④のうちで、モル濃度から求める場合には必要であるが、質量モル濃度から求める場合には必要ではないものはどれか。すべて選び、 にすべてマークせよ。ただし、 n_s [mol] の溶媒に n [mol] の溶質が溶けている場合、溶質のモル分率は $\frac{n}{n_s + n}$ で表される。

- ① 尿素の密度 ② 尿素のモル質量
③ 尿素水溶液の密度 ④ 水のモル質量

(7) 次の実験器具のうち、標線(体積を表す線)が 1 本のみであるものはどれか。二つ選び、 に二つマークせよ。

- ① コニカルビーカー ② こまごめ 駒込ピペット ③ 三角フラスコ
④ 試験管 ⑤ ビュレット ⑥ ホールピペット
⑦ メスシリンダー ⑧ メスフラスコ

- (8) 濃度未知の水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合水溶液を 10.0 mL とり、0.50 mol/L 塩酸を滴下したところ、図のような中和滴定曲線が得られた。



- 1) 塩酸を滴下する前の混合水溶液 10.0 mL 中に含まれていた水酸化ナトリウムおよび炭酸ナトリウムの物質量はそれぞれ何 mol か。最も適当なものを一つずつ選べ。

水酸化ナトリウム： mol 炭酸ナトリウム： mol

- ① 1.0×10^{-3} ② 2.5×10^{-3} ③ 5.0×10^{-3}
 ④ 1.0×10^{-2} ⑤ 2.5×10^{-2} ⑥ 5.0×10^{-2}
- 2) 指示薬としてメチルオレンジおよびフェノールフタレインを用いて中和滴定を行う場合、第 2 中和点前後で変色する指示薬とその色の変化の組合せとして最も適当なものはどれか。一つ選べ。ただし、指示薬の変色域 (pH) は次のとおりとする。

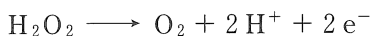
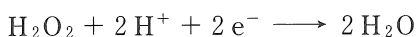
メチルオレンジ：3.1~4.4, フェノールフタレイン：8.0~9.8

	指示薬	色の変化
①	メチルオレンジ	赤色 → 無色
②	メチルオレンジ	無色 → 赤色
③	メチルオレンジ	赤色 → 黄色
④	メチルオレンジ	黄色 → 赤色
⑤	フェノールフタレイン	赤色 → 無色
⑥	フェノールフタレイン	無色 → 赤色
⑦	フェノールフタレイン	赤色 → 黄色
⑧	フェノールフタレイン	黄色 → 赤色

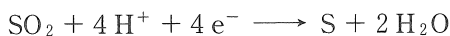
- (9) 次の文章を読み、文中の **サ**， **シ** に適する式を下の選択肢からそれぞれ一つ選べ。また， **ス**， **セ** のそれぞれに適する数値を入れよ。

過酸化水素や二酸化硫黄は、反応の相手により酸化剤としてはたらく場合と、還元剤としてはたらく場合がある。過酸化水素および二酸化硫黄が酸化還元反応をするとき、それぞれ次に示す電子 e^- を含むイオン反応式のいずれかによって反応する。

過酸化水素

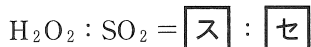


二酸化硫黄



過酸化水素の水溶液に二酸化硫黄の水溶液を加えたところ、酸化還元反応が起こったが、気体の発生や混合液が濁るなどの現象はみられなかった。

このときの変化を表す化学反応式は、過酸化水素についての式 **サ** と、二酸化硫黄についての式 **シ** からつくることができる。また、反応する過酸化水素と二酸化硫黄の物質質量比を 最も簡単な整数比で表すと、次のようになる。



サ の選択肢

- ① $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
- ② $\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^-$

シ の選択肢

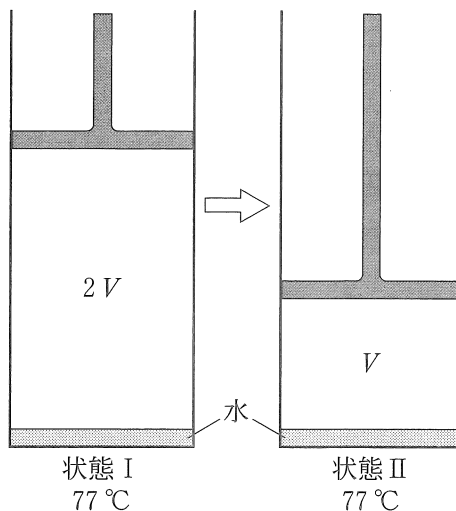
- ① $\text{SO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \longrightarrow \text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- ② $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e^-$

2

各問いに答えよ。

- (1) ピストン付きの容器に窒素と少量の水を入れ、温度を 77°C 、体積を $2V[\text{L}]$ に保つと、容器内の圧力は $9.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ になった。このとき、容器内に液体の水が存在していた。この状態を状態 I とする。

次に、温度を 77°C に保ったままピストンを押し、気体部分の体積を $V[\text{L}]$ にした。十分時間がたった状態を状態 II とする。

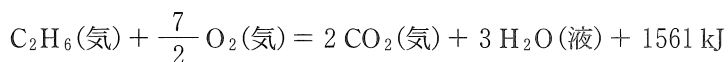
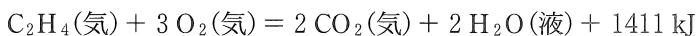
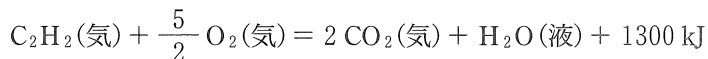
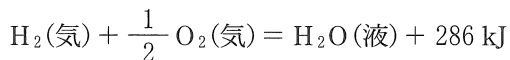
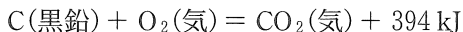


77°C における飽和水蒸気圧を $4.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ とすると、状態 II における容器内の全圧は何 Pa か。[ア] ~ [ウ] に適する数値を入れ、有効数字 2 桁で示せ。ただし、窒素は理想気体とみなす。また、液体の体積、窒素の水への溶解は無視できるものとする。

[ア]. [イ] $\times 10^{\text{ウ}}$ Pa

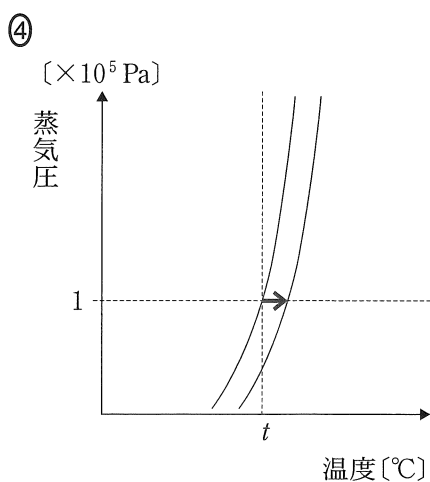
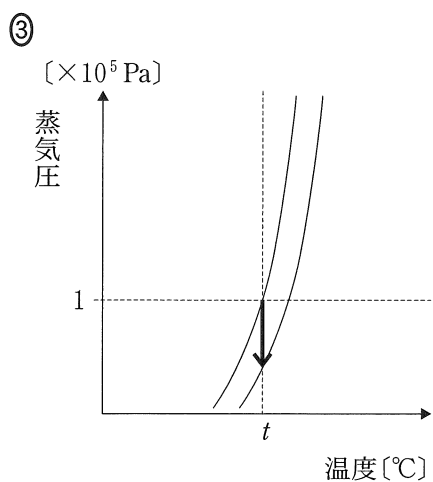
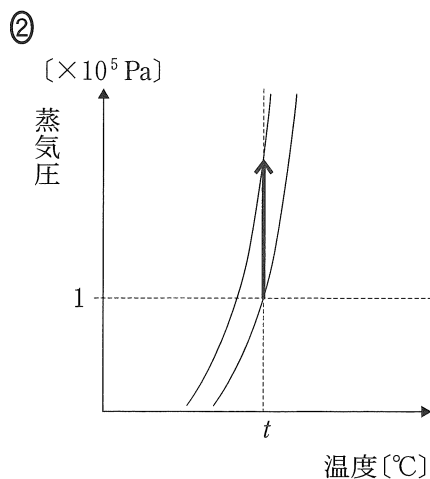
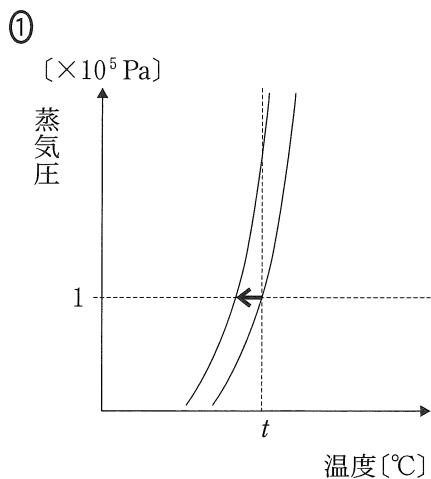
- (2) アセチレンの生成熱は何 kJ/mol か。次の熱化学方程式のうち必要なものを用いて求めよ。[工] には + または - の符号を、[オ] ~ [キ] には数値を入れよ。

[工] [オ] [カ] [キ] kJ/mol



(3) 不揮発性物質の希薄溶液の蒸気圧曲線と、その溶媒の蒸気圧曲線を図に示す。蒸気圧降下と沸点上昇を表す図として最も適当なものを、それぞれ一つずつ選べ。ただし、図中の t は 1×10^5 Pa における溶媒の沸点である。

蒸気圧降下： ク ケ

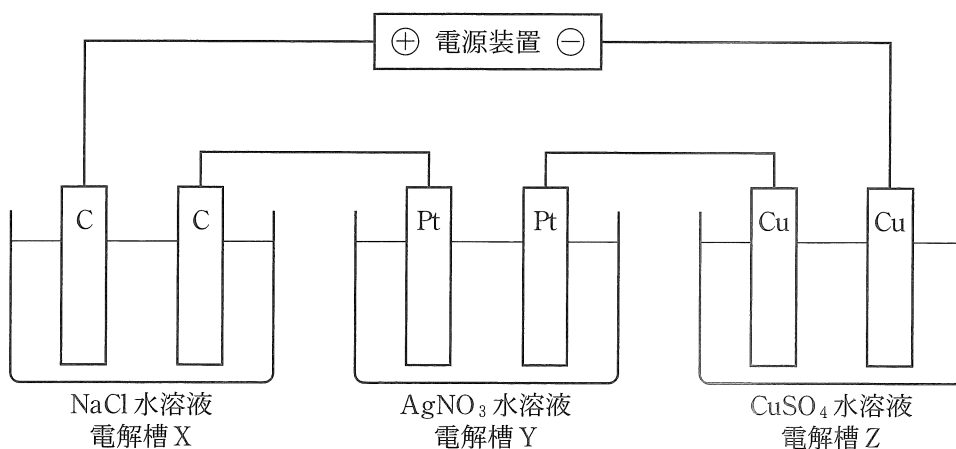


(4) 3つの電解槽 X~Z を図のように直列に接続する。各電解槽の構成は次の通りとする。

電解槽 X : 塩化ナトリウム NaCl 水溶液, 炭素 C 電極

電解槽 Y : 硝酸銀 AgNO₃ 水溶液, 白金 Pt 電極

電解槽 Z : 硫酸銅(II) CuSO₄ 水溶液, 銅 Cu 電極

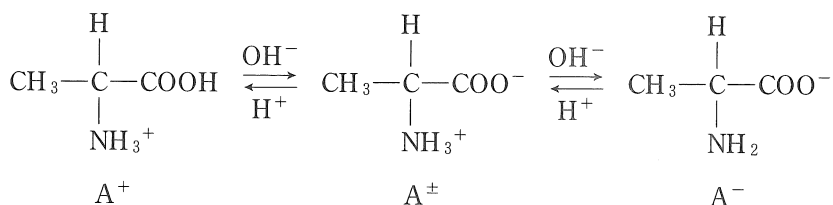


一定電流をしばらく流して電気分解を行っても、水溶液中の金属イオンの物質量が変化しない電解槽はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

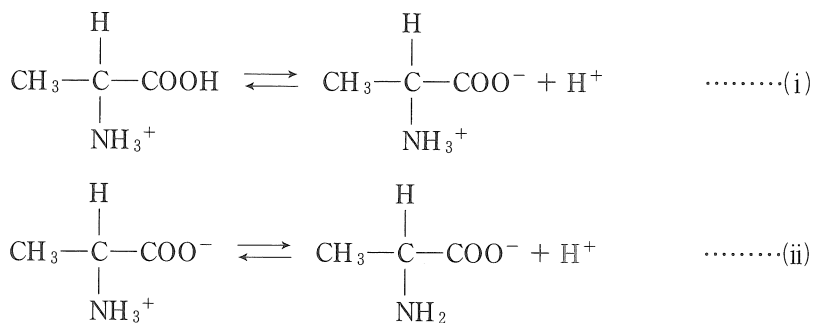
- ① 電解槽 X のみ ② 電解槽 Y のみ ③ 電解槽 Z のみ
 ④ 電解槽 X と Y ⑤ 電解槽 X と Z ⑥ 電解槽 Y と Z

(5) ある一価の弱酸の電離定数 K_a が、ある温度において 1.75×10^{-5} mol/L であった。この弱酸の濃度が 0.10 mol/L のとき、電離度 α はいくらか。 ~ に適する数値を入れ、有効数字2桁で示せ。ただし、 $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{7} = 2.65$ とする。 $\alpha =$. $\times 10^{-}$

(6) アラニンは水溶液中で次のイオン A^+ , A^\pm , A^- が平衡状態となって存在している。



これらのイオンの間の変化はそれぞれ次のイオン反応式で示される。



ここで、イオン A^+ , A^\pm , A^- のモル濃度をそれぞれ、 $[A^+]$, $[A^\pm]$, $[A^-]$ と表すと、(i)式の電離定数 K_1 および(ii)式の電離定数 K_2 を表す式とその値は次の通りである。

$$K_1 = \frac{[A^\pm][\text{H}^+]}{[A^+]} = 1.0 \times 10^{-2.3} \text{ mol/L}$$

$$K_2 = \frac{[A^-][\text{H}^+]}{[A^\pm]} = 1.0 \times 10^{-9.7} \text{ mol/L}$$

1) アラニンの等電点の値はいくらか。 , に適する数値を入れ、有効数字2桁で示せ。 .

2) 少量のアラニンを、pHが7.0の緩衝液に溶かした。 $[A^+]$, $[A^\pm]$, $[A^-]$ の大小関係を正しく表しているものはどれか。一つ選べ。

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $[A^+] > [A^\pm] > [A^-]$ | ② $[A^+] > [A^-] > [A^\pm]$ |
| ③ $[A^\pm] > [A^+] > [A^-]$ | ④ $[A^\pm] > [A^-] > [A^+]$ |
| ⑤ $[A^-] > [A^+] > [A^\pm]$ | ⑥ $[A^-] > [A^\pm] > [A^+]$ |

3 各問いに答えよ。

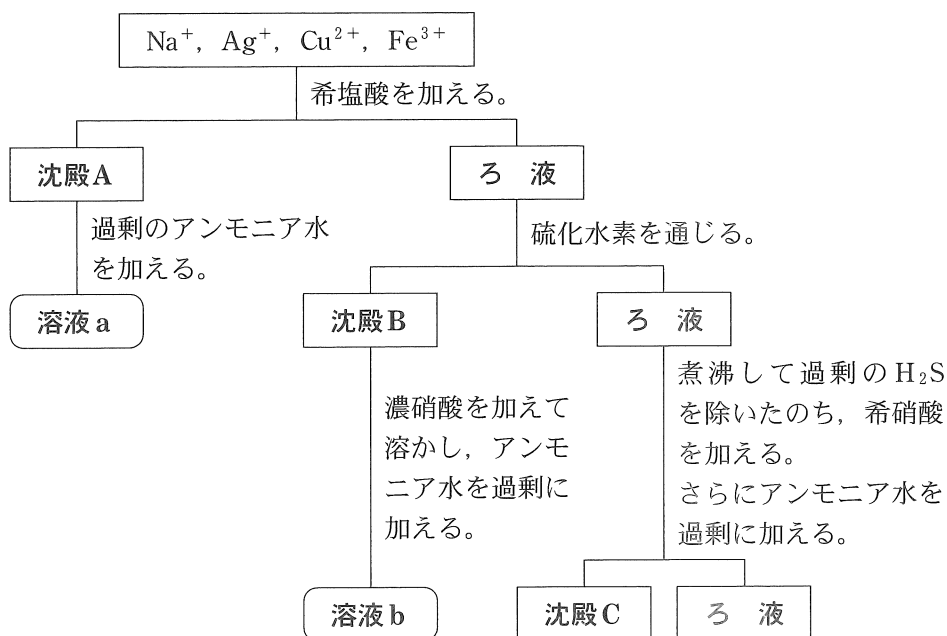
(1) 物質 A を水に加えると可燃性の気体 X が発生する。X の燃焼により生じた気体 Y を石灰水に通じると白濁する。A に当てはまる物質はどれか。一つ選べ。ア

- ① 塩化マグネシウム ② 炭化カルシウム ③ 炭酸ナトリウム
④ ナトリウム ⑤ 二酸化ケイ素

(2) 気体の発生に使われる試薬の組合せのうち、一方の試薬が触媒として用いられているのはどれか。一つ選べ。イ

- ① 希塩酸と炭酸カルシウム
② 濃塩酸と酸化マンガン(IV)
③ 過酸化水素水と酸化マンガン(IV)
④ 希硫酸と硫化鉄(II)
⑤ 濃硝酸と銅
⑥ 水酸化カルシウムと塩化アンモニウム

- (3) Na^+ , Ag^+ , Cu^{2+} , Fe^{3+} の4種類の金属イオンを含む水溶液から、イオンを次のように完全に分離し、確認した。問いに答えよ。



- 1) 溶液 a は無色であった。溶液 a に含まれるイオンはどれか。一つ選べ。

ウ

- ① Na^+ ② Cu^{2+} ③ Fe^{3+}
 ④ $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ⑤ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$

- 2) 溶液 b は何色か。一つ選べ。エ

- ① 無色 ② 黄褐色 ③ 深青色
 ④ 淡桃色 ⑤ 赤紫色

- 3) 沈殿 C は何色か。一つ選べ。オ

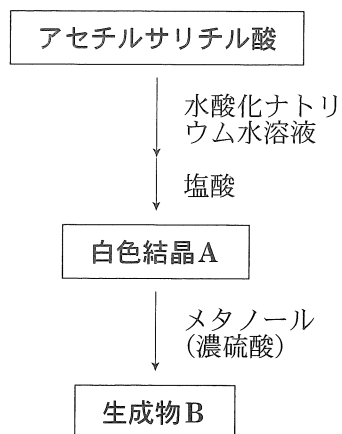
- ① 白色 ② 黄色 ③ 青白色
 ④ 赤褐色 ⑤ 黒色

(4) 炭素数 5 の鎖式不飽和炭化水素がある。この炭化水素のある量をはかりとり完全燃焼させたところ、二酸化炭素 110 mg と水 45 mg が生成した。この炭化水素 7.0 g に、臭素(分子量 160)を完全に付加させると、消費される臭素の質量は何 g か。 , に適する数値を入れ、整数値で答えよ。 g

(5) 次の高分子化合物のうち、不斉炭素原子を含まないものはどれか。一つ選べ。

- ① アミロース
- ② ナイロン 66
- ③ ポリビニルアルコール
- ④ ポリプロピレン
- ⑤ ポリ乳酸

- (6) アセチルサリチル酸を出発物質として、白色結晶 A、生成物 B を得る実験を、次の手順で行った。問いに答えよ。



手順 1. アセチルサリチル酸を水酸化ナトリウム水溶液に加えて加熱した。

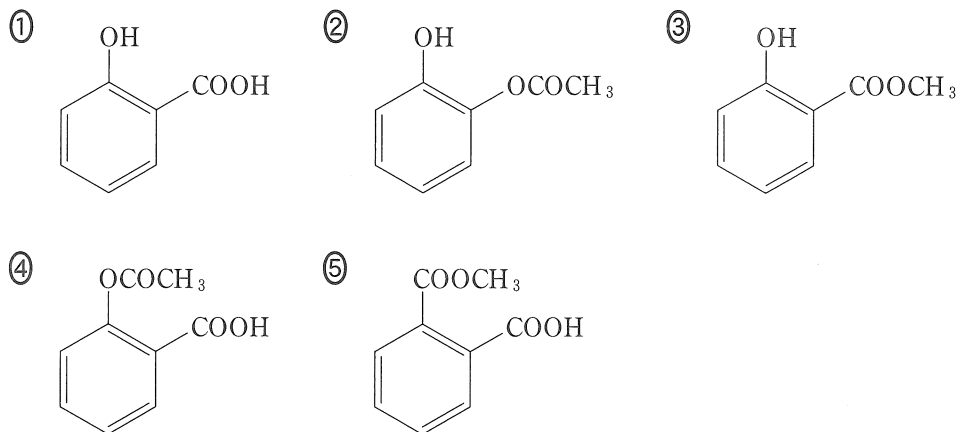
手順 2. 手順 1 の反応後の溶液から不純物を除いたあと、塩酸で酸性にすることで白色結晶 A を析出させた。

手順 3. 白色結晶 A にメタノールを加え濃硫酸を 1 ~ 2 滴加えて加熱した。

手順 4. 手順 3 の反応後の溶液から特有の芳香を持つ生成物 B を抽出した。

- 1) アセチルサリチル酸, 白色結晶 A および生成物 B に適する構造式はどれか。それぞれ一つずつ選べ。

アセチルサリチル酸 : 白色結晶 A : 生成物 B :



- 2) アセチルサリチル酸, 白色結晶 A および生成物 B のうち, 塩化鉄(III)水溶液による呈色が観察されるものはどれか。すべて選び, にすべてマークせよ。

- ① アセチルサリチル酸
② 白色結晶 A
③ 生成物 B

(7) 次の文章を読み、問いに答えよ。

酢酸とエタノールを濃硫酸存在下で加熱すると、酢酸エチルを生じる。一般的に、カルボン酸とアルコールの脱水縮合によって生じる化合物をエステル¹⁾といい、生じた結合をエステル結合という。カルボン酸のような有機物のオキソ酸²⁾のほかにも、硝酸や硫酸などの無機物のオキソ酸³⁾とアルコールの間でもエステルを生じる。爆薬などに用いられるニトログリセリンやニトロセルロースは硝酸エステルであり、合成洗剤などに用いられるドデシル硫酸ナトリウムは硫酸エステルである。

図1の化合物は、アデノシンーリン酸と呼ばれ、RNAを構成するリボヌクレオチドの一つである。リボヌクレオチドは核酸塩基⁴⁾、リボース、リン酸から構成され、リボースの5'位のヒドロキシ基とリン酸がリン酸エステル結合を形成している。このリン酸部分はもう一つのリン酸エステル結合を作ることが可能である。

RNAやポリリボヌクレオチド(図2)では、リボヌクレオチドのリボースの3'位のヒドロキシ基と他のリボヌクレオチドのリン酸部分との間にもリン酸エステル結合が存在する。これら2つのリン酸エステル結合により、リン酸—リボース—リン酸—リボース…の骨格が繰り返される。

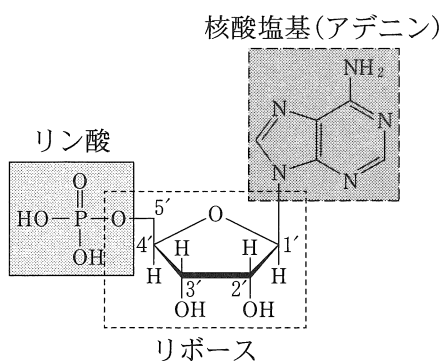


図1 アデノシンーリン酸

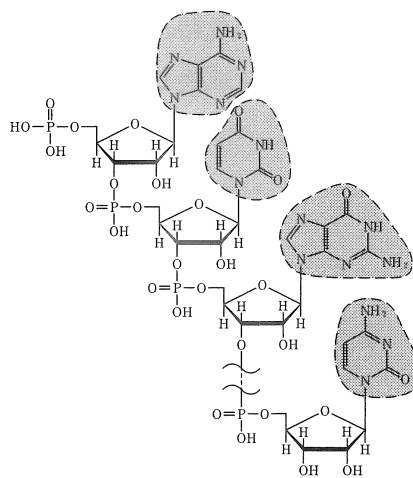


図2 ポリリボヌクレオチド
(網掛け部分は核酸塩基)

1) 酢酸エチルの構造異性体であるエステルはどれか。二つ選び、ス に二つマークせよ。

- | | |
|-------------|--------------|
| ① ギ酸メチル | ② ギ酸プロピル |
| ③ 酢酸メチル | ④ 酢酸プロピル |
| ⑤ プロピオン酸メチル | ⑥ プロピオン酸プロピル |

2) 次の高分子化合物のうち、構造にエステル結合を含むものはどれか。一つ選べ。セ

- | | |
|-----------------|-----------|
| ① ポリエチレン | ② メラミン樹脂 |
| ③ フェノール樹脂 | ④ ポリ塩化ビニル |
| ⑤ ポリエチレンテレフタレート | |

3) オキソ酸に分類されないのはどれか。一つ選べ。ソ

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------|---------------|
| ① H_2CO_3 | ② HClO | ③ HI |
| ④ $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ | ⑤ HClO_4 | |

4) 21 個のリボヌクレオチドからなる直鎖の RNA がある。この RNA に含まれるリン酸エステル結合の数はいくつか。タ，チ に適する数値を入れよ。ただし、この RNA の両端は、図 2 のポリリボヌクレオチドの両端と同じ構造とする。タチ 個