

1 次の問1～問3に答えよ。解答はそれぞれの解答群より適するものを1つずつ選び、番号で答えよ。

問1 次の記述(A)および(B)の両方ともにあてはまる陽イオンの組み合わせはどれか。下の(1)～(9)から選び、番号で答えよ。

(A) 酸性の下で、硫化水素を通じると沈殿が生じる。

(B) アンモニア水を加えると沈殿が生じ、過剰に加えると沈殿が溶解する。

- (1)  $\text{Al}^{3+}$  と  $\text{Zn}^{2+}$       (2)  $\text{Al}^{3+}$  と  $\text{Ag}^+$       (3)  $\text{Fe}^{3+}$  と  $\text{Cu}^{2+}$   
(4)  $\text{Fe}^{3+}$  と  $\text{Ag}^+$       (5)  $\text{Fe}^{3+}$  と  $\text{Pb}^{2+}$       (6)  $\text{Zn}^{2+}$  と  $\text{Ag}^+$   
(7)  $\text{Zn}^{2+}$  と  $\text{Pb}^{2+}$       (8)  $\text{Cu}^{2+}$  と  $\text{Ag}^+$       (9)  $\text{Ag}^+$  と  $\text{Pb}^{2+}$

問2 次の表は可逆反応(a)～(d)の反応物と生成物を示している。反応が十分に進行し平衡状態にあるとき、温度一定のままで体積を小さくすると、逆反応の方向に平衡が移動する反応はどれか。正しいものの組み合わせを下の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。

表

	反応物	生成物
(a)	$\text{SO}_2$ (気) と $\text{O}_2$ (気)	$\text{SO}_3$ (気)
(b)	$\text{CO}_2$ (気) と $\text{H}_2$ (気)	$\text{CO}$ (気) と $\text{H}_2\text{O}$ (気)
(c)	$\text{CH}_4$ (気) と $\text{H}_2\text{O}$ (気)	$\text{CO}$ (気) と $\text{H}_2$ (気)
(d)	$\text{C}$ (固) と $\text{CO}_2$ (気)	$\text{CO}$ (気)

- (1) a と b                      (2) a と c                      (3) a と d  
(4) b と c                      (5) b と d                      (6) c と d

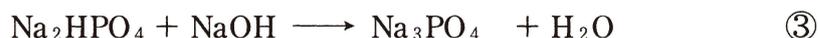
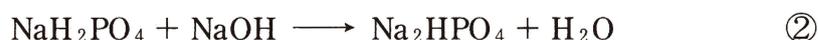
問 3 芳香族カルボン酸に関する次の記述(a)~(e)のうち、誤っているものの組み合わせはどれか。下の(1)~(9)から選び、番号で答えよ。

- (a) エチルベンゼンを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると、安息香酸になる。
- (b) 安息香酸は冷水には溶けにくいですが、温水に溶解し、強酸性を示す。
- (c) *o*-キシレンを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると、フタル酸になる。
- (d) イソフタル酸を加熱すると分子内で脱水反応が起こり、酸無水物になる。
- (e) テレフタル酸はポリエステル繊維の原料として利用される。

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| (1) aとb | (2) aとc | (3) aとd |
| (4) aとe | (5) bとc | (6) bとd |
| (7) bとe | (8) cとd | (9) cとe |

- 2** 次の文を読み、下の問1～問8に答えよ。ただし、原子量は  $H = 1.0$ 、 $C = 12.0$ 、 $O = 16.0$ 、 $Na = 23.0$ 、 $P = 31.0$  とする。

リン酸  $H_3PO_4$  は3価の酸であり、その水溶液を水酸化ナトリウム  $NaOH$  水溶液で中和滴定すると、次の式①～③のように3段階で中和反応が進む。これらの中和反応では、第1および第2中和点は観察されるが、第3中和点は  $pH$  の変化が小さく観察できない。



第1中和点から第2中和点までは、 $NaH_2PO_4$  と  $Na_2HPO_4$  の混合水溶液であり、中性付近の  $pH$  を示す。この混合水溶液は、少量の強酸や強塩基を加えても  $pH$  をほぼ一定に保つ **ア** 作用をもつ。

いま、 $H_3PO_4$  と  $NaH_2PO_4$  の混合水溶液  $X$  中の両化合物のモル濃度を求めるために、次の実験ⅠおよびⅡを行った。

#### 実験Ⅰ $NaOH$ 水溶液の濃度決定

シュウ酸二水和物  $(COOH)_2 \cdot 2H_2O$  1.26 g をはかり取り、適量の純水に溶かして器具 **A** へ移し、純水を加えて正確に 100 mL とした。このシュウ酸標準液 10 mL を器具 **B** で正確にはかり取り、器具 **C** に入れた。これに、器具 **D** を用いて  $NaOH$  水溶液を滴下して中和滴定を行った。 $NaOH$  水溶液 12.5 mL を滴下したときに中和点となった。

#### 実験Ⅱ 混合水溶液 $X$ 中の $H_3PO_4$ と $NaH_2PO_4$ の定量

混合水溶液  $X$  10 mL を器具 **B** で正確にはかり取り、器具 **C** に入れ、指示薬としてメチルオレンジとフェノールフタレインを加え、器具 **D** を用いて  $NaOH$  水溶液を滴下して中和滴定を行った。 $NaOH$  水溶液 7.5 mL を滴下した

とき、溶液の色が変化して第1中和点となった。さらに滴定を続けて、第1中和点後に NaOH 水溶液 22.5 mL を滴下したとき、溶液の色が変化して第2中和点となった。ただし、指示薬どうしは反応せず、中和点における色の変化は正確に識別できるものとする。

問 1 文中の空欄 **ア** に最も適する語句を漢字 2 文字で記せ。

問 2 実験 I を必要とするのは、水酸化ナトリウムの純度が低いためである。その原因となる物質または現象を次の(1)～(6)から 2 つ選び、番号で答えよ。

- (1) N<sub>2</sub>                      (2) O<sub>2</sub>                      (3) CO<sub>2</sub>  
 (4) 酸 化                      (5) 昇 華                      (6) 潮 解

問 3 器具 A, B および D に該当するものはどれか。正しいものの組み合わせを次の(1)～(4)から選び、番号で答えよ。

	器具 A	器具 B	器具 D
(1)	コニカルビーカー	駒込ピペット	ビュレット
(2)	コニカルビーカー	ホールピペット	駒込ピペット
(3)	メスフラスコ	ホールピペット	駒込ピペット
(4)	メスフラスコ	ホールピペット	ビュレット

問 4 器具 A～D のうち、純水で洗浄したあと、乾燥させずに使用しても実験結果に影響しないものはどれか。最も適するものを次の(1)～(9)から選び、番号で答えよ。

- |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| (1) Aのみ   | (2) Bのみ   | (3) Cのみ   |
| (4) Dのみ   | (5) AとBのみ | (6) AとCのみ |
| (7) AとDのみ | (8) BとCのみ | (9) CとDのみ |

問 5 実験 I で決定された NaOH 水溶液のモル濃度(mol/L)はいくらか。最も近い値を次の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。

- |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| (1) $3.2 \times 10^{-2}$ | (2) $8.0 \times 10^{-2}$ | (3) $1.6 \times 10^{-1}$ |
| (4) $3.2 \times 10^{-1}$ | (5) $8.0 \times 10^{-1}$ | (6) 1.6                  |

問 6 実験 II の(i)滴定開始から第 1 中和点の間、(ii)第 1 中和点から第 2 中和点の間に進行した反応は、本文中の式①～③のどれか。最も適するものを次の(1)～(6)から選び、それぞれ番号で答えよ。

- |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| (1) ①のみ   | (2) ②のみ   | (3) ③のみ   |
| (4) ①と②のみ | (5) ②と③のみ | (6) ①と②と③ |

問 7 混合水溶液 X 中の(i)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  のモル濃度(mol/L)および(ii)  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  のモル濃度(mol/L)はいくらか。最も近い値を次の(1)～(9)から選び、それぞれ番号で答えよ。

- |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| (1) $6.0 \times 10^{-2}$ | (2) $1.2 \times 10^{-1}$ | (3) $2.4 \times 10^{-1}$ |
| (4) $3.6 \times 10^{-1}$ | (5) $4.8 \times 10^{-1}$ | (6) $6.0 \times 10^{-1}$ |
| (7) 1.2                  | (8) 2.4                  | (9) 3.6                  |

問 8 25℃ のとき、混合水溶液 X の水素イオン濃度 (mol/L) はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 $[\text{NaH}_2\text{PO}_4] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$  であり、25℃ におけるリン酸の第 1 段階の電離定数  $K_1$  は次式のとおりとする。

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} = 7.60 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

3 次の文を読み、下の問1および問2に答えよ。

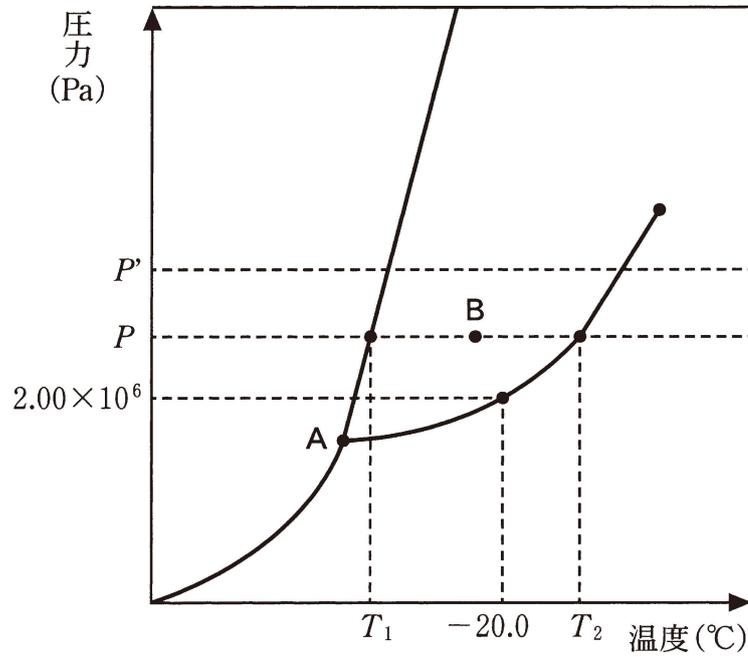
純物質には、固体、液体および気体の三種の状態があり、物質中の粒子のふるまいによって状態が変化する。一定圧力のもとで固体を加熱すると、ある温度で液体になる。この現象は **あ** とよばれる。一方、一定圧力のもとで液体を冷却すると、ある温度で固体になる。この現象を **い** とよぶ。また、液体が気体になる現象を **う** といい、沸点未満の温度では、液体から分子が **う** するときに、液体の温度は **え**。一方、気体が液体になる現象を **お** とよぶ。ある物質の沸点において、液体1 molが **う** するときに **か** される熱量は、気体1 molが **お** するときに **き** される熱量に等しい。

純物質の状態は、温度と圧力で決定される。さまざまな温度および圧力下で、物質がとる状態を示す図を状態図とよび、状態図は物質の種類によって異なる。状態図を見ることで、任意の温度・圧力における物質の状態を知ることができる。また、状態図を使えば、温度や圧力を変えると、物質がどのように状態変化するかを知ることが可能である。

問1 文中の空欄 **あ** ~ **き** に最も適するものを、次の(11)~(25)から選び、番号で答えよ。

- |          |          |            |
|----------|----------|------------|
| (11) 風解  | (12) 融解  | (13) 潮解    |
| (14) 凝縮  | (15) 凝固  | (16) 凝集    |
| (17) 蒸発  | (18) 変性  | (19) 転化    |
| (20) 上がる | (21) 下がる | (22) 変化しない |
| (23) 放出  | (24) 吸収  | (25) 分解    |

問 2 下線部について，次の図は二酸化炭素  $\text{CO}_2$  の状態図を概略的に示したものである。この図に関して，下の問(i)~(v)に答えよ。



図

(i) 点 A の名称を漢字 3 文字で記せ。

(ii) 点 A における  $\text{CO}_2$  の状態として，正しいものはどれか。次の(1)~(7)から選び，番号で答えよ。

- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| (1) 固体のみが存在     | (2) 液体のみが存在    |
| (3) 気体のみが存在     | (4) 固体と液体のみが共存 |
| (5) 固体と気体のみが共存  | (6) 液体と気体のみが共存 |
| (7) 固体と液体と気体が共存 |                |

- (iii)  $\text{CO}_2$  の圧力を  $P$  に保ち、点 B から温度を変化させたとき、温度  $T_1$  および  $T_2$  の前後における  $\text{CO}_2$  の状態変化について、**変化前と変化後の状態の正しい組み合わせはどれか**。次の (1) ~ (6) から選び、番号で答えよ。

	$T_1$		$T_2$	
	変化前	変化後	変化前	変化後
(1)	固体	気体	固体	液体
(2)	気体	液体	気体	固体
(3)	液体	固体	液体	気体
(4)	固体	液体	固体	気体
(5)	液体	気体	液体	固体
(6)	気体	固体	気体	液体

- (iv)  $\text{CO}_2$  の圧力を  $P' (> P)$  に保ったときの  $\text{CO}_2$  の融点および沸点は、圧力  $P$  における  $\text{CO}_2$  の融点および沸点に比べてそれぞれどのように変化するか。正しいものを次の (1) ~ (3) から選び、それぞれ番号で答えよ。ただし、同じ番号を何度用いてもよい。

- (1) 高くなる                      (2) 低くなる                      (3) 変化しない

- (v) 容積一定の密閉容器に 13.2 kg の液体の  $\text{CO}_2$  のみを入れ、 $-20.0^\circ\text{C}$  に保った。容器内の  $\text{CO}_2$  が気液平衡状態に達したとき、容器内で気体の  $\text{CO}_2$  が占める体積は  $0.253 \text{ m}^3$  であった。このとき、液体として存在する  $\text{CO}_2$  の質量は  kg である。

次に、容積可変の密閉容器に 1.01 kg の液体の  $\text{CO}_2$  のみを入れ、大気圧下で  $-20.0^\circ\text{C}$  に保ったところ、容器の容積は   $\text{m}^3$  となった。

図をもとに、 と  にあてはまる数値をそれぞれ有効数字 2 桁で記せ。ただし、気体の  $\text{CO}_2$  は理想気体としてふるまうものとし、大気圧を  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、気体定数を  $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  とする。また、原子量は  $\text{C} = 12.0$ 、 $\text{O} = 16.0$  とする。

4 アルケンやアルコールについて述べた次の文を読み、下の問1～問6に答えよ。

エチレンは炭素数の最も少ないアルケンで、工業的にはナフサの熱分解によって合成される。エチレンを **ア** 重合させるとポリエチレンとなり、プラスチックとして利用される。また、エチレンはさまざまな有機化合物の原料として用いられており、塩素と反応させると **イ** が、触媒を用いて酸化すると **ウ** が得られる。

一方、実験室でエチレンを発生させる際は、エタノールに濃硫酸を加えて160～170℃に加熱し、発生したエチレンは **エ** 置換法で捕集する。このような反応をアルコールの分子内脱水とよび、同様に、1-プロパノールの分子内脱水では **オ** が得られる。

図1に分子式  $C_4H_{10}O$  で表されるアルコールA～Dの構造式を示す。A～Dの分子内脱水<sup>(あ)</sup>では、複数のアルケンが得られる場合がある。たとえば、Bに濃硫酸<sup>(い)</sup>を加えて加熱すると分子内脱水が進行し、主生成物として化合物Eと化合物Fが、副生成物として化合物Gが得られる。なお、EとFはシス-トランス異性体の関係にある。アルコールの分子内脱水では、ヒドロキシ基が結合した炭素原子のとなりの炭素原子のうち、直接結合している水素原子の数が少ない方の炭素原子から水素原子が失われる反応の方が進行しやすいことが知られている。

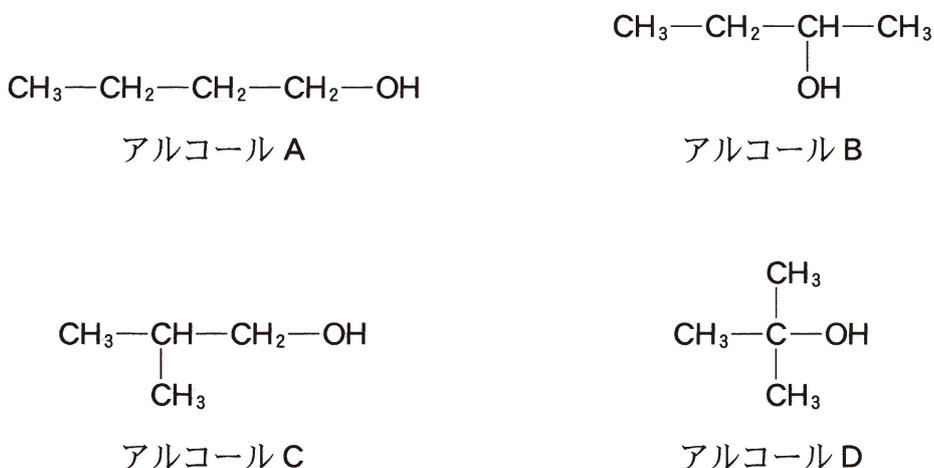


図1 分子式  $C_4H_{10}O$  で表されるアルコールA～Dの構造式

問 1 文中の空欄 **ア** ~ **オ** に最も適する語句を次の(11)~(24)から選び、番号で答えよ。

- |                  |               |         |
|------------------|---------------|---------|
| (11) 付加          | (12) 縮合       | (13) 共  |
| (14) 上方          | (15) 下方       | (16) 水上 |
| (17) クロロエタン      | (18) クロロホルム   |         |
| (19) 1,2-ジクロロエタン | (20) ジエチルエーテル |         |
| (21) ホルムアルデヒド    | (22) アセトアルデヒド |         |
| (23) プロペン        | (24) プロピン     |         |

問 2 アルケンに関する次の記述(1)~(5)のうち、誤っているものはどれか。番号で答えよ。

- (1) 鎖式不飽和炭化水素に分類される。
- (2) 同じ炭素数の場合、シクロアルカンの構造異性体である。
- (3) 硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に通じると、赤紫色が消える。
- (4) エチレン分子の炭素原子間の結合距離は、ベンゼン分子の炭素原子間の結合距離よりも長い。
- (5) 触媒の存在下で水素と混合すると、アルカンへ変化する。

問 3 下線部(あ)について、分子式  $C_4H_{10}O$  で表される化合物には、エーテルは何種類あるか。次の(1)~(6)から選び、番号で答えよ。

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| (1) 1種類 | (2) 2種類 | (3) 3種類 |
| (4) 4種類 | (5) 5種類 | (6) 6種類 |

問 4 アルコール A~D に関する次の記述(1)~(5)のうち、誤っているものはどれか。番号で答えよ。

- (1) A~D のそれぞれをアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて加熱しても、いずれも変化が見られない。
- (2) B はヨードホルム反応を示し、酸化するとケトンを生じる。
- (3) D の沸点は A の沸点より高い。
- (4) D は、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化されない。
- (5) B は不斉炭素原子をもつ。

問 5 下線部(イ)について、本文中の波線部の記述をもとに化合物 G を決定し、その名称を記せ。

問 6 ペンタノール  $C_5H_{11}OH$  に関する次の問(i)~(iii)に答えよ。

(i) ペンタノールの構造異性体には、第一級アルコールは何種類あるか。次の(1)~(6)から選び、番号で答えよ。

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| (1) 1種類 | (2) 2種類 | (3) 3種類 |
| (4) 4種類 | (5) 5種類 | (6) 6種類 |

(ii) ペンタノールの構造異性体であるアルコールのうち、**図 2** に示す化合物 Y に対して分子内脱水を行った。本文中の波線部の記述をもとに主生成物を決定し、その構造式を解答例にならって記せ。

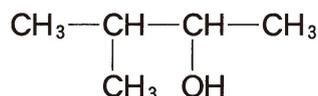


図 2 アルコール Y の構造式

(iii) アルコール Z は、ペンタノールの構造異性体のひとつである。Z に濃硫酸を加えて加熱しても、分子内脱水は進行しなかった。Z の構造式を解答例にならって記せ。