

[問題 1] 次の文章 (I) と (II) を読み、以下の設問 1～8 中の空欄 (1) ～ (14) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、水のイオン積 $K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$ とする。

(I) 酸の分子 1 個に含まれる水素原子 H のうち、水素イオン H^+ になることができる H の数を酸の価数という。例えば、シュウ酸 $(\text{COOH})_2$ は (ア) 価の酸、酢酸 CH_3COOH は (イ) 価の酸である。塩基についても、電離して水酸化物イオン OH^- となることができる OH の数、または (ウ) を塩基の価数という。

水溶液の酸性や塩基性の強弱を表す指標として、水素イオン指数 pH がある。0.10 mol/L 塩酸 (電離度 1.0) の pH は (エ) であり、(a)0.10 mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 (電離度 1.0) の pH は (オ) である。また、電離度 2.5×10^{-2} の 0.040 mol/L 酢酸水溶液の pH は (カ) である。

(II) 濃度が不明な酢酸水溶液 (A 液) の濃度を、以下の中和滴定によって求めた。

[操作 1] A 液を、水で正確に 10 倍に薄めて酢酸水溶液 (B 液) とした。

[操作 2] (キ) を用いて、B 液 10.0 mL を正確にはかりとり、コニカルビーカーに入れた。

[操作 3] 0.120 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を (ク) に入れ、滴下前の目盛りを読んだ。

[操作 4] (ク) から、水酸化ナトリウム水溶液を 12.5 mL 滴下したところ、過不足なく中和した。

設問 1. (ア) ～ (ウ) に入る数値と語句の組み合わせとして、最も適切なのは (1) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	1	1	与えることのできる水素イオン H^+ の数
②	1	1	受け取ることのできる水素イオン H^+ の数
③	1	2	与えることのできる水素イオン H^+ の数
④	1	2	受け取ることのできる水素イオン H^+ の数
⑤	2	1	与えることのできる水素イオン H^+ の数
⑥	2	1	受け取ることのできる水素イオン H^+ の数
⑦	2	2	与えることのできる水素イオン H^+ の数
⑧	2	2	受け取ることのできる水素イオン H^+ の数

設問 2. 下記の化合物のうち、2 価の酸は であり、1 価の塩基は である。

- ① 塩化水素 ② 硫酸 ③ 硝酸
- ④ リン酸 ⑤ 水酸化バリウム ⑥ 水酸化カルシウム
- ⑦ アンモニア

設問 3. (エ) に入る数値は , (オ) に入る数値は である。

設問 4. 下線部(a)の 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 10 mL を、水を加えて 1000 mL に希釈した。薄めた後の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液の pH は である。

- ① 6 ② 7 ③ 8 ④ 9 ⑤ 10
- ⑥ 11 ⑦ 12 ⑧ 13 ⑨ 14

設問 5. (カ) に入る数値は である。

設問 6. ある 1 価の弱酸 0.20 mol を水に溶かすと、水素イオン H^+ が 0.0052 mol 存在していた。この弱酸の電離度 α は . $\times 10^{-2}$ である。

設問 7. (キ) と (ク) に入る器具の組み合わせとして、最も適切なのは である。

	(キ)	(ク)
①	メスフラスコ	ホールピペット
②	メスフラスコ	ビュレット
③	ホールピペット	メスフラスコ
④	ホールピペット	ビュレット
⑤	ビュレット	メスフラスコ
⑥	ビュレット	ホールピペット

設問 8. 濃度が不明な酢酸水溶液 (A 液) の濃度は . mol/L である。

[問題2] 次の文章を読み、以下の設問1～7中の空欄 (15) ～ (27) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。

式(1)のように、二酸化硫黄の水溶液に硫化水素を通じると、硫黄が生じて白くにごる。このとき、二酸化硫黄は (ア) 原子を失ったので (イ) されたといい、硫化水素は (ウ) 原子を失ったので (エ) されたという。また、この反応では、二酸化硫黄の硫黄原子の酸化数は (オ) から (カ) に変化し、硫化水素の硫黄原子の酸化数は (キ) から (カ) に変化している。



式(2)のように、熱した銅を塩素と反応させると、塩化銅(Ⅱ)が生成する。この反応では、(ク) のやり取りによって酸化・還元を説明することになる。銅は (ク) を失ったので (ケ) されたといい、塩素は (ク) を受け取ったので (コ) されたという。



設問 1. (ア) ～ (エ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは (15) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①	水素	酸化	酸素	酸化
②	水素	酸化	酸素	還元
③	水素	還元	酸素	酸化
④	水素	還元	酸素	還元
⑤	酸素	酸化	水素	酸化
⑥	酸素	酸化	水素	還元
⑦	酸素	還元	水素	酸化
⑧	酸素	還元	水素	還元

設問 2. 以下の選択肢のうち、(オ) に入るのは (16)、(カ) に入るのは (17)、(キ) に入るのは (18) である。

- ① -4 ② -3 ③ -2 ④ -1 ⑤ 0
 ⑥ +1 ⑦ +2 ⑧ +3 ⑨ +4

設問 3. (ク) ~ (コ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは である。

	(ク)	(ケ)	(コ)
①	電子	酸化	還元
②	電子	還元	酸化
③	陽子	酸化	還元
④	陽子	還元	酸化

設問 4. 下線をつけた物質が酸化されるのは , 下線をつけた物質が還元されるのは である。

- ① $2\underline{\text{CuO}} + \text{C} \longrightarrow 2\text{Cu} + \text{CO}_2$
- ② $\underline{\text{NH}_3} + \text{HCl} \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$
- ③ $\underline{\text{Ca(OH)}}_2 + 2\underline{\text{NH}_4\text{Cl}} \longrightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\underline{\text{NH}_3}$
- ④ $2\underline{\text{Na}} + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\underline{\text{NaCl}}$

設問 5. 下線をつけた原子の酸化数が+4なのは である。

- ① $\underline{\text{C}}\text{O}_2$
- ② $\underline{\text{Fe}}$
- ③ $\text{H}_2\underline{\text{S}}\text{O}_4$
- ④ $(\underline{\text{C}}\text{OOH})_2$
- ⑤ $\text{K}_2\underline{\text{Cr}}_2\underline{\text{O}}_7$

設問 6. 下線をつけた原子の酸化数が+6なのは と である。

- ① $\underline{\text{C}}\text{O}_2$
- ② $\underline{\text{Fe}}$
- ③ $\text{H}_2\underline{\text{S}}\text{O}_4$
- ④ $(\underline{\text{C}}\text{OOH})_2$
- ⑤ $\text{K}_2\underline{\text{Cr}}_2\underline{\text{O}}_7$

設問 7. 濃度不明のシュウ酸 $(\text{COOH})_2$ 水溶液 500 mL に、希硫酸を加えて温めた。その後、 0.50 mol/L の過マンガン酸カリウム KMnO_4 水溶液を滴下したところ、反応の終点までに 100 mL を要した。このシュウ酸水溶液の濃度は , , mol/L である。

[問題3] 次の文章を読み、以下の設問1～5中の空欄 (28) ～ (34) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。

物質が液体に溶けて全体が均一になる現象を溶解という。このとき、物質を溶かしている液体を (ア), 溶けている物質を (イ) といい、溶解によって生じた混合物を溶液という。少量の不純物を含む物質を (ア) に溶かして溶液とし、温度による溶解度の差などを利用して、溶液から再び物質を析出させて精製する操作を (ウ) という。例えば、微量の不純物を含む硝酸カリウム KNO_3 60 g を、 60°C で水 100 g に溶かし、その溶液 160 g を 20°C に冷やすと、(a)硝酸カリウムの結晶が析出する。

また、硫酸ナトリウム十水和物 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ のように、結晶の析出時、結晶中に水分子が取り込まれ、水和物の結晶が得られる場合がある。 30°C における硫酸ナトリウム Na_2SO_4 の飽和水溶液 140 g を、 20°C に冷却すると、(b)硫酸ナトリウム十水和物が析出した。

固体や液体だけでなく気体も、(ア) に溶ける。(エ) の法則によると、溶解度の小さい気体の場合、一定温度で、一定量の (ア) に溶解する気体の物質量は、その気体の圧力に (オ) する。窒素 N_2 は、 0°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、水 1.0 L に $1.1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 溶ける。

設問 1. (ア) ～ (ウ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは (28) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	溶媒	活物質	蒸留
②	溶媒	溶質	再結晶
③	緩衝液	活物質	蒸留
④	緩衝液	溶質	再結晶
⑤	溶媒	活物質	再結晶
⑥	溶媒	溶質	蒸留
⑦	緩衝液	活物質	再結晶
⑧	緩衝液	溶質	蒸留

設問 2. 下線部(a)の析出する硝酸カリウムの質量は (29) (30) g である。ただし、硝酸カリウムの水に対する溶解度は、 60°C で 100 [g/100 g 水]、 20°C で 30 [g/100 g 水] であり、不純物の量は無視できるほど微量とする。

設問 3. 下線部(b)の析出した硫酸ナトリウム十水和物の質量に最も近いのは (31) である。ただし、硫酸ナトリウムの水に対する溶解度は、 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ で 40 [g/100 g 水] 、 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ で 20 [g/100 g 水] であり、 Na_2SO_4 の式量は 142 、 H_2O の分子量は 18 とする。また、析出した固体は、すべて硫酸ナトリウム十水和物とする。

- ① 20 g ② 25 g ③ 30 g ④ 35 g ⑤ 40 g
 ⑥ 45 g ⑦ 50 g ⑧ 55 g ⑨ 60 g

設問 4. (エ) と (オ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは (32) である。

	(エ)	(オ)
①	ヘス	比例
②	ヘス	反比例
③	ファントホッフ	比例
④	ファントホッフ	反比例
⑤	ヘンリー	比例
⑥	ヘンリー	反比例

設問 5. $3.0 \times 10^5\text{ Pa}$ の窒素が $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ の水 3.0 L に接しているとき、水に溶ける窒素は (33) . (34) $\times 10^{-3}\text{ mol}$ である。

[問題4] 次の文章 (I) と (II) を読み、以下の設問 1～7 中の空欄 (35) ～ (46) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$, 気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とし、気体はすべて理想気体とする。また、数値を $a \times 10^n$ の形で指数表記する場合、 a の値は $1 \leq a < 10$ とする。

(I) 下図のように、なめらかに動くピストンと、密閉状態を保ちながら取り外しできる仕切り、および着火装置が付いた密閉容器がある。これを用いて、以下の〔操作1〕～〔操作4〕を行った。



- 〔操作1〕 ピストンが動かないように固定したところ、A部分の体積は3.0 L、B部分の体積は5.0 Lであった。ここに温度を27℃に保ちながら、Aには一酸化炭素COを $4.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ になるように、Bには酸素O₂を $2.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ になるように入れた。
- 〔操作2〕 ピストンを固定したまま仕切りをゆっくり外し、気体を混合した。
- 〔操作3〕 ピストンを固定したまま、着火装置で、容器内の混合気体を完全燃焼させて、再び27℃にした。
- 〔操作4〕 ピストンの固定を外し、27℃に保った。

設問 1. 〔操作2〕の後、混合気体中のO₂の分圧は (35) . (36) $\times 10^{(37)}$ Paである。ただし、仕切りを外した後の容器の容積は8.0 L、温度は27℃とする。

設問 2. 〔操作3〕では、下の式(1)の反応が起こる。式(1)の係数(ア)に入る数値は (38), (イ)に入る数値は (39) である。ただし、係数が不要な場合は1とする。



設問 3. 〔操作3〕の後、O₂の分圧は (40) . (41) $\times 10^4 \text{ Pa}$ である。

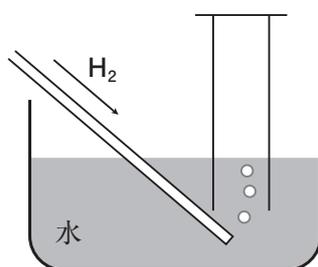
設問 4. 〔操作3〕の後、混合気体の全圧に最も近いのは (42) である。

- ① $1.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ ② $2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ ③ $4.8 \times 10^4 \text{ Pa}$ ④ $7.5 \times 10^4 \text{ Pa}$
 ⑤ $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ⑥ $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ ⑦ $2.3 \times 10^5 \text{ Pa}$ ⑧ $4.8 \times 10^5 \text{ Pa}$

設問 5. [操作 4] の後, 容器内の混合気体の体積に最も近いのは である。ただし, 密閉容器の大きさは, ピストンが外れない程度の十分な大きさがあるものとし, 大気圧は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。

- ① 4.0 L ② 5.3 L ③ 8.0 L ④ 11 L ⑤ 14 L
⑥ 15 L ⑦ 18 L ⑧ 21 L ⑨ 25 L

(II) 鉄 Fe に (ウ) を加え, 発生した水素 H_2 を, 下図のように水上置換で捕集し, シリンダー内の液面と水槽の液面を揃えたところ, その体積は 27°C で 0.83 L であった。大気圧を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 27°C における水の飽和蒸気圧を $4.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ とすると, 得られた H_2 の物質量は (エ) mol である。



設問 6. (ウ) に入る溶液として, 最も適切なのは である。

- ① 塩酸 ② 炭酸水素ナトリウム水溶液
③ 水酸化ナトリウム水溶液 ④ 食塩水
⑤ アンモニア水

設問 7. (エ) に入る数値は . $\times 10^{-2}$ である。

設問 2. (ア) と (イ) に入る物質と語句の組み合わせとして、最も適切なのは (49) である。

	(ア)	(イ)
①	NaNO	アゾ化合物
②	NaNO	ジアゾニウム塩
③	NaNO ₂	アゾ化合物
④	NaNO ₂	ジアゾニウム塩
⑤	NaNO ₃	アゾ化合物
⑥	NaNO ₃	ジアゾニウム塩
⑦	NaNO ₄	アゾ化合物
⑧	NaNO ₄	ジアゾニウム塩

設問 3. (ウ) ~ (オ) に入る物質と語句の組み合わせとして、最も適切なのは (50) である。

	(ウ)	(エ)	(オ)
①	K ₂ SO ₄	酸化	強酸
②	K ₂ SO ₄	酸化	強塩基
③	K ₂ SO ₄	還元	強酸
④	K ₂ SO ₄	還元	強塩基
⑤	KMnO ₄	酸化	強酸
⑥	KMnO ₄	酸化	強塩基
⑦	KMnO ₄	還元	強酸
⑧	KMnO ₄	還元	強塩基

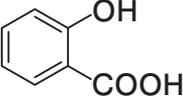
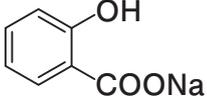
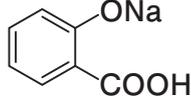
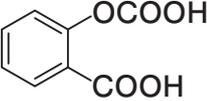
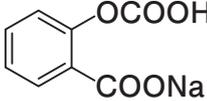
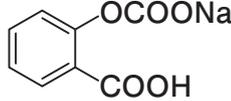
設問 4. (カ) と (キ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは (51) である。

	(カ)	(キ)
①	アルデヒド (ホルミル)	カルボキシ
②	アルデヒド (ホルミル)	ヒドロキシ
③	カルボキシ	アルデヒド (ホルミル)
④	カルボキシ	ヒドロキシ
⑤	ヒドロキシ	アルデヒド (ホルミル)
⑥	ヒドロキシ	カルボキシ

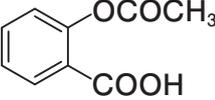
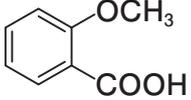
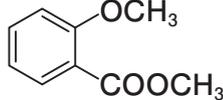
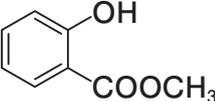
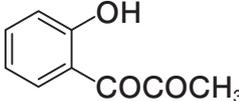
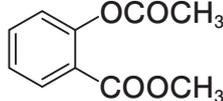
設問 5. 下線部(b)の“酸としての強さ”の順として、最も適切なのは 52 である。

- ① フェノール > 安息香酸 > 炭酸
- ② フェノール > 炭酸 > 安息香酸
- ③ 安息香酸 > フェノール > 炭酸
- ④ 安息香酸 > 炭酸 > フェノール
- ⑤ 炭酸 > フェノール > 安息香酸
- ⑥ 炭酸 > 安息香酸 > フェノール

設問 6. 化合物 A は 53 である。

- | | | |
|---|---|---|
| ①  | ②  | ③  |
| ④  | ⑤  | ⑥  |

設問 7. 化合物 B は 54 , 化合物 C は 55 である。

- | | | |
|---|---|---|
| ①  | ②  | ③  |
| ④  | ⑤  | ⑥  |