

解答に際して

I ~ **VI** の解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。

I

問1～問7に答えなさい。【配点33】

問1 (1), (2)に答えなさい。

(1) 1種類の元素のみで構成されていながら性質が異なる複数の単体が存在することがある。これらを互いに何とというか，答えなさい。

(2) 単体と元素は同じ名称でよばれることが多い。①～④の文章中の下線部が単体の意味で使われているものをすべて選び，番号で答えなさい。

- ① 水は，水素と酸素からできている。
- ② 水を電気分解すると，水素と酸素が得られる。
- ③ 患者が酸素吸入を受けている。
- ④ 牛乳にはカルシウムが多く含まれている。

問2 **ア**～**ウ**に適切な語句を入れなさい。

水分子は折れ線形の形状をとり，構成原子である水素原子と酸素原子の電気陰性度の差が大きいため，分子の**ア**が大きい。これらの構造上の特徴のため，水分子の分子間には**イ**結合がはたらく。

氷は隙間の多い立体構造をとるので，水と比べて**ウ**が小さく，水に浮く。

問3 (1)～(3)に答えなさい。

(1) 次の原子のうち、第一イオン化エネルギーのもっとも小さい原子はどれか、番号で答えなさい。

① C ② H ③ F ④ Ne ⑤ K ⑥ Mg

(2) 次の物質の結晶のうち、分子結晶であるものはどれか。正しいものの組み合わせを①～⑩から1つ選び番号で答えなさい。

a グルコース b 食塩 c 水晶
d ダイヤモンド e ドライアイス

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 ⑩ dとe

(3) 次の金属のうち、希硫酸に溶けない金属はどれか。1つ選び番号で答えなさい。

① Fe ② Cu ③ Al ④ Zn ⑤ Sn ⑥ Mg

問4 次の①～⑥の化学反応が平衡状態にあるとき、操作1、操作2のいずれの操作を行っても、平衡が右向きに移動する化学反応を2つ選び、番号で答えなさい。ただし、 Q は右向きの反応の反応熱を示している。

操作1 圧力を一定にして温度を上げる。

操作2 温度を一定にして圧力を下げる。

- | | |
|---|-----------------------|
| ① $\text{N}_2(\text{気}) + 3\text{H}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{気})$ | $Q = +92 \text{ kJ}$ |
| ② $2\text{SO}_2(\text{気}) + \text{O}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{気})$ | $Q = +198 \text{ kJ}$ |
| ③ $\text{C}(\text{黒鉛}) + \text{CO}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{気})$ | $Q = -172 \text{ kJ}$ |
| ④ $\text{N}_2(\text{気}) + \text{O}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{気})$ | $Q = -181 \text{ kJ}$ |
| ⑤ $\text{N}_2\text{O}_4(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{気})$ | $Q = -57 \text{ kJ}$ |
| ⑥ $\text{H}_2\text{O}(\text{気}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{液})$ | $Q = +44 \text{ kJ}$ |

問5 次の①～④の物質 2.0 g を純水 1.0 kg にそれぞれ溶解した溶液について、(1)、(2)に答えなさい。なお、()内はその物質の分子量または式量を表し、電解質は完全に電離するものとする。水の凝固点を 0°C 、水のモル凝固点降下を $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とする。

- | | |
|-----------------|----------------|
| ① 尿素 (60) | ② 硝酸カリウム (101) |
| ③ 塩化カルシウム (111) | ④ グルコース (180) |

(1) ①～④の溶液について、凝固点降下度がもっとも小さい溶液はどれか、番号で答えなさい。

(2) ③の溶液の凝固点は何 $^\circ\text{C}$ か、有効数字2桁で答えなさい。

問6 (1), (2) の溶液の pH を求め、小数第 1 位まで答えなさい。ただし、アンモニアの電離定数は 2.0×10^{-5} mol/L, 水のイオン積は 1.0×10^{-14} (mol/L)² とし、硫酸の分子量を 98.0 とする。強酸、強塩基は完全に電離するものとし、必要なら $\log_{10}2 = 0.30$, $\log_{10}3 = 0.48$ を用いなさい。

(1) 0.20 mol/L アンモニア水

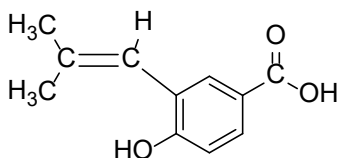
(2) 質量パーセント濃度 98.0% の硫酸 (密度 1.8 g/mL) 1.0 mL を純水に加え、全量を 1.0 L にした溶液

問7 (1), (2) に答えなさい。ただし、構造式は (例) にしたがって書きなさい。

(1) 分子式 C_4H_8 で表される化合物のうち、環状構造をとるすべての化合物の構造式を書きなさい。

(2) 分子式 C_4H_8 で表されるアルケンのうち、シス・トランス異性体が存在しない化合物の構造式をすべて書きなさい。

(例)



II

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 14】

A～C はいずれもベンゼン環を持ち、分子式 C_7H_8O で表される芳香族化合物である。A, B はいずれもヒドロキシ基を持つが、C は持たない。

A のベンゼン環の炭素原子に結合している水素原子のひとつを塩素原子に置換したとすると、2種類の生成物ができる。

B を穏やかに酸化させると D が生成し、さらに酸化させると E が生成する。E は分子式 C_7H_8 で表される芳香族化合物の酸化反応からも合成できる。

問 1 A, D が示す反応を①～④からそれぞれ1つ選び、番号で答えなさい。

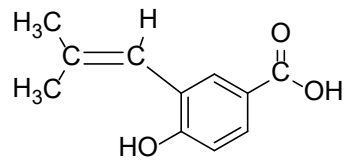
- ① ニンヒドリン溶液を加えて温めると、紫色に呈色する。
- ② ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、黄色の沈殿が生成する。
- ③ 塩化鉄(III)水溶液を加えると、青紫～赤紫色に呈色する。
- ④ アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて温めると容器の内壁が鏡のようになる。

問 2 A～E をジエチルエーテルに溶解させた溶液を分液漏斗に入れ、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよく振って混合したあと、ナトリウム塩となって水層に分離される化合物をすべて選び、記号で答えなさい。

問 3 問 2 と同様の操作を、炭酸水素ナトリウム水溶液の代わりに水酸化ナトリウム水溶液を用いて行った際に、ナトリウム塩となって水層に分離される化合物をすべて選び、記号で答えなさい。

問4 A, C, Dの構造式を(例)にしたがって書きなさい。

(例)



Ⅲ

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点10】

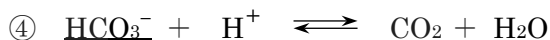
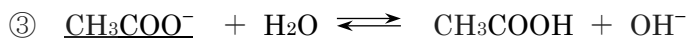
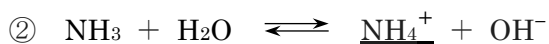
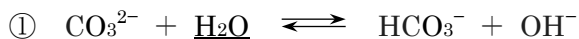
ブレンステッドとローリーは酸・塩基を^(ア)「酸とは水素イオンを与える物質であり、塩基とは水素イオンを受け取る物質である。」と定義した。この定義によれば、ある物質が酸としてはたらくか塩基としてはたらくかは、反応する相手により変わる。例えば、塩化水素の水への溶解反応では、水は塩基としてはたらいっていることになる。

酸や塩基のうち、濃度がある程度大きい水溶液でも電離度が に近い酸や塩基を強酸または強塩基といい、電離度が より著しく小さい酸や塩基を弱酸または弱塩基という。つまり、^(イ)酸の強さは電離度の大小によって決まるが、弱酸の場合は、一般に電離定数の値を用いてその強さを比べることができる。

酸と塩基の量的関係を利用した中和滴定では、^(ウ)指示薬を加えその色の変化から中和点を知ることができる。

問1 に適切な数値を入れなさい。

問2 下線部(ア)の酸・塩基の定義にしたがうと、次の①～④の反応において、下線部の分子やイオンが酸としてはたらいっているものをすべて選び、番号で答えなさい。



問3 下線部(イ)に関して、0.1 mol/L の酢酸(電離定数 1.8×10^{-5} mol/L)とギ酸(電離定数 1.8×10^{-4} mol/L)ではどちらの溶液が酸として強いか、また一定温度で、0.1 mol/L の酢酸を 10 倍希釈すると電離度はどうなるか、正しい組み合わせを下表の①～⑥から選び、番号で答えなさい。

	酸として強い	電離度
①	酢酸	大きくなる
②	酢酸	小さくなる
③	酢酸	変わらない
④	ギ酸	大きくなる
⑤	ギ酸	小さくなる
⑥	ギ酸	変わらない

問4 水素イオンは、水溶液中で水分子と配位結合しオキソニウムイオンとして存在している。オキソニウムイオンの電子式を書きなさい。

問5 下線部(ウ)の指示薬の色の変化に関して、25°Cにおいて①～⑤の0.10 mol/L 水溶液にフェノールフタレインを加えたとき、水溶液の色が赤色を呈するものを2つ選び、番号で答えなさい。

- ① KCl ② CH₃COONa ③ NH₄NO₃
 ④ NaHSO₄ ⑤ Na₂CO₃

IV

5種類の無機化合物A～Eに関する次の文章を読み、問に答えなさい。

【配点 16】

化合物 A は固体であり、地殻を構成する元素のうちもっとも質量割合の大きい上位2種類の元素だけからなる化合物である。A を主成分として含む鉱物は、ガラスなどの原料として用いられている。

化合物 A に化合物 B の水溶液を加えると反応して溶解したが、A は化合物 C の水溶液には溶解しなかった。

①化合物 B は蛍石に濃硫酸を加えて加熱すると発生する。また、B は分子間に強い相互作用がはたらくことから、分子量のわりに沸点は高い。

化合物 B～E の水溶液をそれぞれ別々に完全に水がなくなるまで乾燥させたところ、B、C、E の水溶液では何も残らなかったが、D の水溶液では固体が残り、この固体は潮解性を示した。

これらの水溶液について炎色反応を調べたところDの水溶液が黄色を示した。

硝酸銀の水溶液に B の水溶液を加えたところ、無色透明なままであったが、硝酸銀の水溶液に C の水溶液を加えると②感光性を示す難溶性の白色の沈殿を生成し、さらにチオ硫酸ナトリウム水溶液を加えると沈殿は溶解した。また、硝酸銀の水溶液に E の水溶液を加えると、いったん③暗褐色の沈殿が生成し、さらに E を加えると沈殿が消失して溶液は④無色透明になった。硝酸銀の水溶液に D の水溶液を加えると、暗褐色の沈殿が生成し、さらに D を加えても変化しなかった。

化合物 C と化合物 E は空気中で反応して⑤白煙を生じた。

問1 化合物 A は何か、化学式で答えなさい。

問2 下線部①の反応を化学反応式で示しなさい。

問3 下線部②、③の沈殿は何か、それぞれ化学式で答えなさい。

問4 下線部④の無色透明の水溶液中に含まれる錯イオンは何か、イオン式で答えなさい。

問5 下線部⑤の白煙は何か、化学式で答えなさい。

問6 化合物 B～E それぞれの水溶液の濃度をすべて 0.10 mol/L に調整した。これらの水溶液を 25°Cにおける pH の値の小さいものから順に B～E の記号を使って並べなさい。

V

次の文章を読み、問に答えなさい。温度による容器の容積変化は無視できるものとする。気体は全て理想気体とし、300 Kでの飽和水蒸気圧を $3.5 \times 10^3 \text{ Pa}$ 、気体定数を $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。なお、原子量は $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{C} = 12$ 、 $\text{O} = 16$ とする。【配点 11】

内容積 12.0 L の耐圧密閉容器に温度 300 K で、0.040 mol のプロパンと 0.20 mol の酸素を入れた。① 容器内の温度を 600 K にして、混合気体中のプロパンを完全燃焼させたところ、燃焼後の容器内の物質はすべて気体であった。次に、② 容器内の温度を 300 K に低下させたところ、容器内には液体の水が生じた。

問 1 下線部①について、燃焼する前のプロパンの分圧 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 2 下線部①について、プロパンの完全燃焼に伴って生じた熱量 [kJ] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。ただし生成熱は下表の値を用いなさい。

	生成熱 [kJ/mol]
プロパン	106
H ₂ O(気)	242
CO ₂ (気)	394

問 3 下線部①について、燃焼後の容器内の全圧 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 4 下線部②について、容器内の全圧 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、容器内に存在する水の体積および気体の水への溶解は無視できるものとする。

問題は次のページに続く

VI

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、流れた電流はすべて電気分解に使われ、電気分解前後での電解槽内の溶液の体積変化は無視できるものとする。【配点 16】

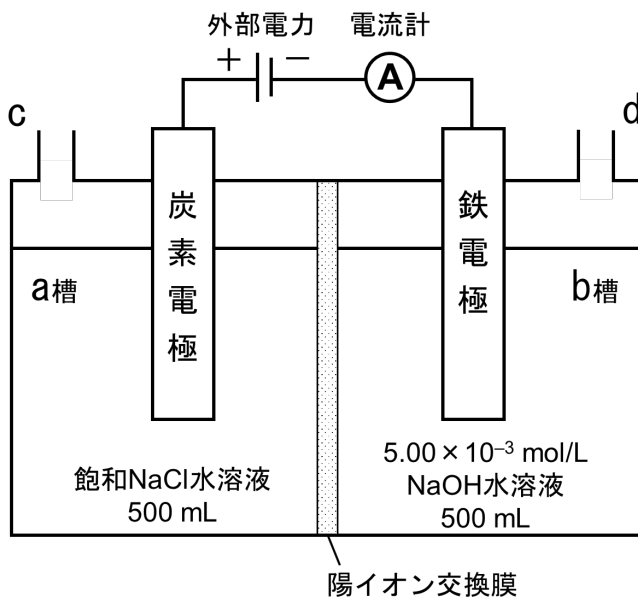
塩化ナトリウム水溶液の電気分解により水酸化ナトリウムが製造される。下図の装置を用いて、この電気分解を行った。

陽イオン交換膜で仕切られた左側(a槽)に炭素の陽極板を、右側(b槽)に鉄の陰極板を設置し、あらかじめ a 槽に飽和塩化ナトリウム水溶液を、b 槽に $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の水酸化ナトリウム水溶液をそれぞれ 500 mL ずつ入れた。この装置に直流の電流を流すと、陽極、陰極で次の電気分解反応がそれぞれ起こり、これと同時に a 槽と b 槽における電荷の増減を打ち消すように、**ア** が陽イオン交換膜を通して a 槽から b 槽へ移動する。

陽極：{ A }

陰極：{ B }

①ここでは 0.200 A の電流を 80 分 25 秒流し続けて電気分解を行った。②その間、c と d からは気体が発生していた。③電流を流し終わった後、**イ** 槽の水溶液を濃縮すると、水酸化ナトリウムの固体が得られた。



問 1 文章中の ア に適切なイオン式を, イ に適切なアルファベットをそれぞれ入れなさい。

問 2 文章中の { A }, { B } に入る反応を, 電子 e⁻を含むイオン反応式で示しなさい。

問 3 下線部①で流れた電気量[C]を求め, 有効数字 3 桁で答えなさい。

問 4 下線部②で発生した気体の標準状態(0°C, 1.013×10⁵ Pa)での合計体積[L]を求め, 有効数字 3 桁で答えなさい。ただし, 標準状態での気体のモル体積を 22.4 L/mol, ファラデー定数を 9.65×10⁴ C/mol とする。

問 5 下線部③で得られる水酸化ナトリウムの固体は, 最大で何 mol か, 有効数字 3 桁で答えなさい。