

解答に際して

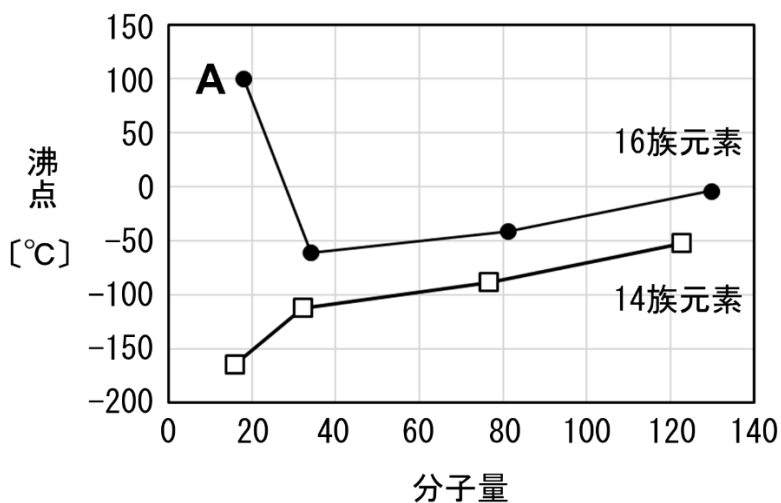
**I** ~ **VI** の解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。

**I**

問1～問6に答えなさい。【配点36】

問1 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

下図は14、16族元素の水素化合物の分子量と1気圧における沸点の関係を示している。14族元素の水素化合物では、分子量が増加するにつれて沸点も上昇している。これは、分子量の増加とともにすべての分子間にはたらく弱い引力である **ア** が大きくはたらくためである。16族元素の水素化合物では、最も分子量の小さいAの沸点が、分子量から予想される値に比べて異常に高くなっている。これは、Aの分子間で **ア** 以外にも **イ** という引力が16族元素の他の水素化合物よりも強くはたらいているからである。

(1) **ア** , **イ** に適切な語句を入れなさい。

(2) 水素化合物Aの電子式を書きなさい。

問2 (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、ギ酸の電離定数を  $1.8 \times 10^{-4}$  mol/L、水のイオン積を  $1.0 \times 10^{-14}$  (mol/L)<sup>2</sup> とする。なお、強酸、強塩基の電離度は 1.0、ギ酸の電離度は十分小さいものとする。必要なら  $\log_{10}2 = 0.30$ ,  $\log_{10}3 = 0.48$  を用いなさい。

(1)  $5.0 \times 10^{-2}$  mol/L ギ酸水溶液

(2) 0.10 mol/L 硫酸 10 mL と 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 30 mL を混合した全量 40 mL の水溶液

問3 (1), (2) に答えなさい。ただし、電解質は水溶液中で完全に電離しているものとする。

(1) 25°Cにおいて、以下の水溶液の中で浸透圧が最も大きいものと最も小さいものを、①～⑤の番号でそれぞれ答えなさい。

① 0.01 mol/L のグルコース水溶液

② 0.01 mol/L の塩化カルシウム水溶液

③ 0.02 mol/L の塩化ナトリウム水溶液

④ 0.02 mol/L の尿素水溶液

⑤ 0.03 mol/L のグリセリン水溶液

(2) ある非電解質 6.84 g を水に溶かして 1.00 L とした水溶液の浸透圧は、同じ温度における  $1.00 \times 10^{-2}$  mol/L の塩化ナトリウム水溶液の浸透圧と等しくなった。この非電解質の分子量を求め、整数で答えなさい。

問4 次の文章を読み、(1)～(3)に答えなさい。

硫黄のコロイド溶液に強い光を照射すると、コロイド粒子が光を散乱するために光の通路が輝いて見える。このような現象を  という。この現象を限外顕微鏡で観察すると、光った点の運動によりコロイド粒子が不規則な運動をしているのが分かる。このような運動を  という。さらに、硫黄のコロイド溶液に直流電圧をかけると、硫黄粒子は陽極へ移動する。

(1)  ,  に適切な語句を入れなさい。

(2) 次の①～④の物質を水に溶かしたとき、コロイド溶液にならないものを1つ選び、番号で答えなさい。

① セッケン      ② 水酸化鉄(Ⅲ)      ③ でんぷん      ④ スクロース

(3) 下線部の現象を示す硫黄のコロイドを最も少量で凝析させることができるイオンを①～⑤から1つ選び、番号で答えなさい。

①  $K^+$       ②  $Ca^{2+}$       ③  $Al^{3+}$       ④  $Cl^-$       ⑤  $SO_4^{2-}$

問5 (1), (2) に答えなさい。

(1) ハロゲンに関する記述として誤りを含むものはどれか。①～⑤から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① ハロゲン原子は7個の価電子をもつ。
- ② ハロゲン原子は陰イオンになると大きくなる。
- ③ ハロゲン原子の最外殻電子は、フッ素ではL殻、塩素ではM殻、臭素ではN殻に存在する。
- ④ ハロゲンの単体の酸化力は、臭素<塩素<フッ素の順に強くなる。
- ⑤ ハロゲンの単体の沸点は、臭素<塩素<フッ素の順に高くなる。

(2) ハロゲン化水素の水溶液のうち、弱酸はどれか。①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① フッ化水素酸                      ② 塩化水素酸 (塩酸)
- ③ 臭化水素酸                        ④ ヨウ化水素酸

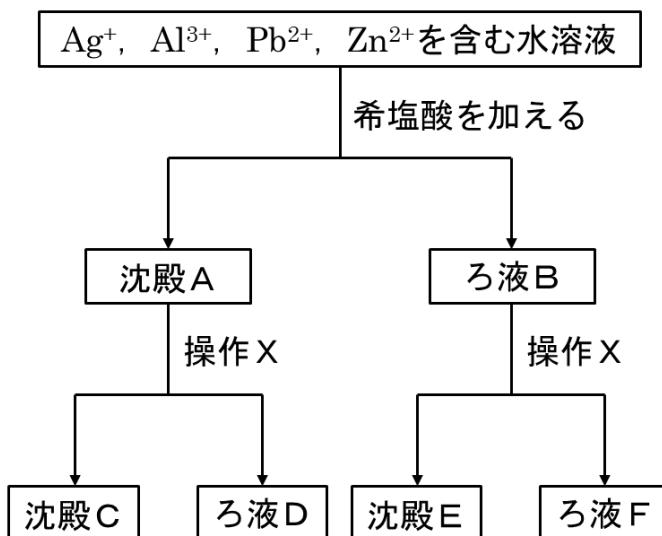
問6 次の(1)～(4)の現象が起こる化合物をそれぞれ(ア)～(オ)から1つ選び、記号で答えなさい。

- (1) 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると二酸化炭素が発生する。
- (2) 単体のナトリウムを加えても反応しない。
- (3) 塩化鉄(III)水溶液を加えると紫色になる。
- (4) ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加温すると黄色沈殿が生じる。

- (ア) メタノール                      (イ) 酢酸                      (ウ) ジエチルエーテル
- (エ) 2-プロパノール                (オ) フェノール

## II

$\text{Ag}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , および  $\text{Zn}^{2+}$  の4種類の金属イオンを含む水溶液から、下図に示す操作を行うことで、各イオンをそれぞれ分離することができた。以下の問に答えなさい。【配点 10】



問1 沈殿 A に含まれる2種類の金属イオンの組み合わせとして最も適切なものはどれか。①～⑥から1つ選び、番号で答えなさい。

- ①  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$       ②  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$       ③  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Zn}^{2+}$   
 ④  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$       ⑤  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$       ⑥  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$

問2 沈殿 A とろ液 B に行う共通の操作 X として最も適切なものはどれか。

①～⑤から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① 希硫酸を加える。  
 ② 希硝酸を加える。  
 ③ 硫化水素を通じる。  
 ④ 過剰のアンモニア水を加える。  
 ⑤ 過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加える。

問3 沈殿 C は何色か，答えなさい。

問4 沈殿 E の化学式を書きなさい。

問5 ろ液 F の中に存在する錯イオンの化学式を書きなさい。

### Ⅲ

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 10】

一般に気体の溶媒に対する溶解度は温度が **ア** ほど大きい。また、溶媒に対する溶解度が小さい気体の混合物の場合、一定温度で一定量の溶媒に溶けるそれぞれの気体の物質量は、その気体の分圧に **イ** する。この関係を示す原理は **ウ** の法則とよばれる。

問 1 文章中の **ア** ， **イ** に入る語句の最も適切な組み合わせを次の①～④から選び、番号で答えなさい。

	ア	イ
①	低い	比例
②	高い	反比例
③	低い	反比例
④	高い	比例

問 2 文章中の **ウ** に適切な語句を入れなさい。



問3 水に対する酸素と窒素の溶解は ウ の法則を満たすとする。表はそれぞれの気体が  $20^{\circ}\text{C}$ 、 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  で水に接しているときに、水 1 L に溶ける物質質量を示している。次の (1)、(2) に答えなさい。ただし、標準状態 ( $0^{\circ}\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) での気体のモル体積は  $22.4 \text{ L/mol}$  とし、気体は水と反応しないものとする。

表 各気体の水 1 L に溶ける物質質量 [mol] (温度:  $20^{\circ}\text{C}$ )

気体	酸素	窒素
物質質量	$1.40 \times 10^{-3}$	$6.80 \times 10^{-4}$

- (1)  $20^{\circ}\text{C}$ 、 $3.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  の窒素が水に接しているとき、水 1 L に溶けている窒素の体積は標準状態で何 mL か。有効数字 2 桁で答えなさい。
- (2) 酸素と窒素の体積比が 1 : 2 の混合気体が  $20^{\circ}\text{C}$ 、全圧  $3.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  で水に接している。このとき、水 1 L に溶けている窒素の質量 [mg] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。なお、原子量は  $\text{N} = 14$ 、 $\text{O} = 16$  とする。

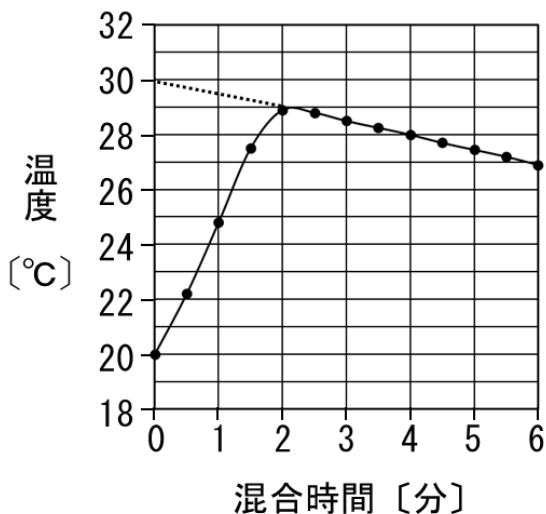
## IV

次の文章を読み、問に答えなさい。なお、水溶液の密度はすべて  $1.00 \text{ g/mL}$ 、比熱はすべて  $4.20 \text{ J/(g} \cdot \text{°C)}$  とする。また、溶液の温度の上昇は溶解熱、中和熱のみによるものとし、水酸化ナトリウムの式量は  $40.0$  とする。

【配点 14】

断熱容器を用いて次の**実験 1**、**2**をそれぞれ行った。

**実験 1** 容器に純水  $96.0 \text{ g}$  を入れ、そこへ水酸化ナトリウム  $4.00 \text{ g}$  を加え、よくかき混ぜながら水溶液の温度を測定したところ、下図の結果が得られた。グラフの点線が混合時間  $0$  分の縦軸と交差する点の温度が、補正した溶液の温度の最高値である。



**実験 2** 容器に  $1.00 \text{ mol/L}$  塩酸  $100 \text{ mL}$  を入れ、溶液の温度を測定したところ  $20^\circ\text{C}$  であった。そこへ塩酸と同じ温度の  $1.00 \text{ mol/L}$  水酸化ナトリウム水溶液  $100 \text{ mL}$  を素早く加えた。この全量  $200 \text{ mL}$  の溶液をよくかき混ぜながら**実験 1**と同様に温度を測定し、作図によって補正した溶液の温度の最高値を求めたところ、 $26.7^\circ\text{C}$  であった。

問 1 実験 1 で発生した総熱量 [kJ] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 2 実験 1 の結果から、水酸化ナトリウムが水へ溶解するときの溶解熱 [kJ/mol] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 3 実験 2 の結果から、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和熱 [kJ/mol] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 4 次の文章中の  に適切な語句、 に適切な式を入れなさい。  
ただし、混合前の固体の水酸化ナトリウムと塩酸の温度は等しいものとする。

実験 1 と 2 から求めた固体の水酸化ナトリウムの水への溶解熱と中和熱をそれぞれ  $Q_1$  kJ/mol ,  $Q_2$  kJ/mol とする。0.10 mol の固体の水酸化ナトリウムを 1.0 mol/L 塩酸 200 mL に溶かしたときに発生する総熱量は  の法則に基づき、 $Q_1$  ,  $Q_2$  を用いて  kJ と表される。

V

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、銅の原子量を 63.5、亜鉛の原子量を 65.4、ファラデー定数を  $9.65 \times 10^4$  C/mol、標準状態 ( $0^\circ\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^5$  Pa) での気体のモル体積を 22.4 L/mol とする。

【配点 15】

酸化還元反応によって化学エネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置を電池という。電池は、充電ができない一次電池と(ア)充電により繰り返し使用できる二次電池がある。亜鉛板を入れた硫酸亜鉛水溶液と銅板を入れた硫酸銅(II)水溶液を素焼き板などで仕切った構造の(イ)ダニエル電池では、(ウ)イオン化傾向の小さい金属である  板が正極となり、電流は導線を通して  板側から  板側に流れる。

一方、電池とは異なり電解液に電極を入れ、直流電流を流して酸化還元反応を起こさせることを電気分解という。電気分解では、陽極で酸化反応が起こり、陰極で還元反応が起こる。(エ)白金板を電極として用い、水酸化ナトリウム水溶液の電気分解を行うと、両電極から気体が発生する。

問1 下線部 (ア) の二次電池を次の①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① マンガン乾電池      ② リチウム電池  
③ 鉛蓄電池            ④ 酸化銀電池

問2 下線部 (イ) のダニエル電池を放電させたところ、正極の質量が 12.7 mg 変化した。この放電で流れた電気量 [C] を求め、有効数字2桁で答えなさい。

問3 下線部 (ウ) について、マグネシウム・鉛・鉄・スズの4つの金属をイオン化傾向の大きい順に元素記号で並べなさい。

問4 文章中の 1 ～ 3 に入る語句の最も適切な組み合わせを次の①～④から選び、番号で答えなさい。

	1	2	3
①	銅	銅	亜鉛
②	銅	亜鉛	銅
③	亜鉛	銅	亜鉛
④	亜鉛	亜鉛	銅

問5 下線部（エ）に関して、両極に白金板を用い、水酸化ナトリウム水溶液の電気分解を、0.40 A の一定電流で 32 分 10 秒間行った。(1)，(2) 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たものとする。

- (1) 電流を通じたとき陽極で起こる反応を電子  $e^-$  を含むイオン反応式で示しなさい。
- (2) この電気分解で陽極から発生した気体の体積は標準状態で何 mL か。有効数字 2 桁で答えなさい。

## VI

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 15】

酸素原子を含む芳香族化合物として安息香酸やフェノールがある。

安息香酸は昇華性をもつ無色の結晶で、トルエンを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると **ア** を経て安息香酸が得られる。**ア** はフェーリング液とともに加熱すると<sup>(1)</sup>赤色の沈殿物を生じる。

フェノールは潮解性及び特有のにおいをもつ無色の結晶で、その合成法はまずベンゼンとプロペンから触媒を用いて **イ** をつくる。これを酸化したのち、硫酸で分解するとフェノールと **ウ** が生成する。

酸素原子を含むその他の芳香族化合物としてサリチル酸がある。サリチル酸はナトリウムフェノキシドに高温・高圧のもとで二酸化炭素を反応させた後、希硫酸で酸性にすると得られる。サリチル酸を原料として種々の医薬品が合成できる。サリチル酸にメタノールと少量の濃硫酸を作用させて **エ** した化合物は消炎鎮痛剤（湿布薬）として利用される。サリチル酸に無水酢酸を作用させた化合物は<sup>(2)</sup>解熱鎮痛剤として利用される。

問 1 **ア** ～ **ウ** に有機化合物の名称を入れなさい。

問 2 下線部（1）の赤色の沈殿物の化学式を書きなさい。

廃問（正解扱いとする）

問3 酸の強さの順として適切なものはどれか、①～⑤から選び、番号で答えなさい。

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

問4 エ に入る語句を①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① スルホン化                      ② ハロゲン化
- ③ エステル化                      ④ ニトロ化

問5 サリチル酸から得られる下線部(2)に該当する化合物の構造式を書きなさい。ただし、構造式は例にならって書きなさい。

(例)

