

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 34】

問 1 次の文章の **ア** ， **イ** に適切な語句を入れなさい。

原子は原子核とそれを取り巻く電子からなる。また、原子核は正の電荷をもつ陽子と電荷をもたない中性子からなる。原子の質量は原子核の質量にほぼ等しく、陽子と中性子の数の和を **ア** という。同じ原子番号でも、**ア** の異なる原子が存在し、これらを互いに **イ** という。

問 2  $^{35}\text{Cl}$  と  $^{37}\text{Cl}$  の相対質量はそれぞれ 35.0, 37.0, 天然存在比はそれぞれ 75%, 25%である。(1), (2) に答えなさい。

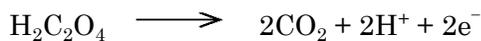
(1) 塩素の原子量を小数第 1 位まで求めなさい。

(2) 塩素分子のうち、2 番目に相対質量の大きい分子の割合 [%] を整数値で求めなさい。

問3 次の文章を読み，(1)～(3)に答えなさい。

$5.00 \times 10^{-2}$  mol/Lのシュウ酸水溶液を正確に10 mLはかり取り，希硫酸を加えて温めた。ここに **ア** を用いて濃度がわからない過マンガン酸カリウム水溶液を滴下していくと，8.00 mL加えたところで赤紫色が消えなくなったので滴定の終点とした。

- (1) シュウ酸と過マンガン酸カリウムの反応をイオン反応式で書きなさい。  
なお，シュウ酸は還元剤として次のようにはたらく。



- (2) 文章中の **ア** に入るガラス器具の名称として最も適切なものを，①～④から1つ選び，番号で答えなさい。

- ① メスシリンダー                      ② ビュレット  
③ 駒込ピペット                        ④ ホールピペット

- (3) 用いた過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度 [mol/L] を求め，有効数字2桁で答えなさい。

問4 (1), (2) に答えなさい。

(1) 30.6%のアンモニア水の密度は  $0.900 \text{ g/cm}^3$ , アンモニアのモル質量は  $17.0 \text{ g/mol}$  である。このアンモニア水のモル濃度  $[\text{mol/L}]$  を, 小数第1位まで求めなさい。

(2)  $0.20 \text{ mol/L}$  アンモニア水の pH を小数第1位まで求めなさい。ただし, 電離度  $\alpha$  は1よりも十分に小さいものとする。なお,  $\log_{10}2=0.30$ , アンモニアの電離定数は  $K_b=2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ , 水のイオン積は  $K_w=1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$  とする。

問5 次の文章を読み、(1)～(3)に答えなさい。

カルシウムの化合物は、身のまわりで広く利用されている。単体のカルシウムは常温の水と反応して気体を生じる。酸化カルシウムは **ア** とよばれ、水と容易に反応して水酸化カルシウムとなる。水酸化カルシウムは **イ** とよばれ、その水溶液に二酸化炭素を吹き込むと白濁する。硫酸カルシウム二水和物は **ウ** とよばれ、120～140℃程度に加熱すると硫酸カルシウム半水和物となる。

(1) 下線部の反応を化学反応式で書きなさい。

(2) **ア** , **イ** , **ウ** に入る適切な語句の組み合わせを、次の①～⑥から1つ選び、番号で答えなさい。

	ア	イ	ウ
①	生石灰	消石灰	セッコウ
②	生石灰	セッコウ	消石灰
③	消石灰	生石灰	セッコウ
④	消石灰	セッコウ	生石灰
⑤	セッコウ	生石灰	消石灰
⑥	セッコウ	消石灰	生石灰

(3) 酸化カルシウムの用途として適切なものを、次の①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① 白色顔料
- ② X線造影剤
- ③ 医療用ギプス
- ④ 乾燥剤

問6 分子式  $C_4H_8O$  で表される化合物の構造異性体について、(1)、(2)に答えなさい。

(1) この分子式で表される鎖式化合物のうち、カルボニル化合物は全部で何種類あるか答えなさい。ただし、立体異性体は区別しないものとする。

(2) この分子式で表される鎖式化合物のうち、フェーリング液を還元する化合物は全部で何種類あるか答えなさい。

問7 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

天然繊維には綿や麻、羊毛や絹がある。天然繊維を適当な溶媒に溶かし、再び繊維状にしたものは **ア** 繊維とよばれ、銅アンモニアレーヨンやビスコースレーヨンなどがある。

天然繊維の一部を化学的に変化させた繊維は **イ** 繊維とよばれ、アセテート繊維などがある。合成高分子化合物から得られる繊維は合成繊維とよばれる。合成繊維にはナイロン6やナイロン66などのポリアミド系合成繊維などがある。

(1) **ア** , **イ** に適切な語句を入れなさい。

(2) ナイロン66は二種の化合物が縮合重合して得られる。これらの化合物として適切なものを、次の①～⑤から2つ選び、番号で答えなさい。

- |            |               |
|------------|---------------|
| ① カプロラクタム  | ② ヘキサメチレンジアミン |
| ③ ホルムアルデヒド | ④ 酢酸ビニル       |
| ⑤ アジピン酸    |               |

問題は次のページに続く

**II**

下の表は、実験室において気体 A～D を発生させるために用いる試薬をまとめたものである。この表に関する問に答えなさい。【配点 13】

気体	試薬
気体 A	銅，希硝酸
気体 B	塩化ナトリウム，濃硫酸
気体 C	ギ酸，濃硫酸
気体 D	酸化マンガン(IV)，濃塩酸

問 1 気体 A, B, C の化学式を書きなさい。

問 2 気体 C の発生において、濃硫酸を用いる理由となる濃硫酸の作用、あるいは性質として適切なものを、次の①～④から 1 つ選び、番号で答えなさい。

- ① 脱水作用      ② 不揮発性      ③ 酸化作用      ④ 強酸性

問3 気体 D に関する，次の (1)，(2) に答えなさい。

(1) 気体 D の性質を表す記述として適切なものを，次の①～⑤から 2 つ選び，番号で答えなさい。

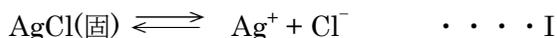
- ① 淡黄色の気体で，無毒である。
- ② 黄緑色の気体で，刺激臭をもつ。
- ③ 水に非常によく溶け，水溶液は弱い塩基性を示す。
- ④ 高温で水素と一部が反応する。
- ⑤ 空気より重く水に溶けるため，下方置換で捕集する。

(2) 表の試薬を用いて気体 D を発生させる反応を，化学反応式で書きなさい。

Ⅲ

次の文章を読み、間に答えなさい。【配点 12】

難溶性の塩であっても、ごくわずかには水に溶ける。例えば、固体の塩化銀を水に加えると、ごく一部が溶解して飽和溶液となり、I 式の溶解平衡が成り立つ。



このとき、銀イオンと塩化物イオンのモル濃度の積は、温度が変わらなければ一定に保たれる。この値を溶解度積  $K_{sp}$  といい、次のように表される。

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$$

塩化銀の飽和溶液に塩化水素を通じると、I 式の平衡は ア に移動し、塩化銀の沈殿の量は イ。このような平衡移動によっておこる現象を ウ という。

問 1 ア , イ に入る適切な語句の組み合わせを、次の①～④から 1 つ選び、番号で答えなさい。

	ア	イ
①	左	増加する
②	左	減少する
③	右	増加する
④	右	減少する

問2 ウ に適切な語句を入れなさい。

問3 25°Cにおいて、塩化銀の溶解度積は  $2.00 \times 10^{-10} \text{ (mol/L)}^2$  である。水溶液の温度はすべて 25°C であるとして、次の (1) ~ (3) に答えなさい。必要なら、 $\sqrt{2} = 1.41$  を用いなさい。

(1) 塩化銀の飽和溶液中における銀イオンのモル濃度 [mol/L] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

(2)  $2.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  の硝酸銀水溶液 100 mL と、 $2.00 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$  の塩化ナトリウム水溶液 100 mL を混合した。このとき、塩化銀の沈殿は生じるか、生じないか。生じる場合は「生じる」、生じない場合は「生じない」と答えなさい。

(3)  $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の硝酸銀水溶液 100 mL と、 $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  の塩化ナトリウム水溶液 100 mL を混合したとき、混合水溶液中の塩化物イオンのモル濃度 [mol/L] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

**IV**

次の文章を読み、間に答えなさい。ただし、気体は理想気体としてふるまい、液体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。

なお、気体定数は  $R=8.3\times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$  とする。【配点 15】

メタンハイドレートはかご状に結合した水分子の中にメタンが取り込まれた構造をしており、組成式は  $\text{CH}_4\cdot 5.75\text{H}_2\text{O}$  で表される。

メタンハイドレートの生成では次の化学平衡が成り立っている。



正反応は発熱反応であるため、メタンハイドレートが安定して存在するためには、**ア** に基づくと **イ** の条件が必要と考えられる。

問1 **ア** に入る適切な語句を、次の①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① ファラデーの法則
- ② ルシャトリエの原理
- ③ アボガドロの法則
- ④ ヘスの法則

問2 **イ** に入る適切な条件を、次の①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① 高温・高圧
- ② 低温・低圧
- ③ 高温・低圧
- ④ 低温・高圧

問3 メタンハイドレート 9.56 g と酸素 6.40 g を容積 3.00 L の密閉容器に入れ、完全燃焼させたのち容器内の温度を 27°C に保った。次の (1) ~ (4) に答えなさい。ただし、原子量は H=1.0, C=12, O=16 とし、分子量とモル質量は等しいものとする。

- (1) メタンハイドレートの物質量 [mol] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。
- (2) メタンが完全燃焼するときの化学反応式を書きなさい。
- (3) 燃焼後の容器内に存在する水の物質量 [mol] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。
- (4) 燃焼後の酸素の分圧 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

**V**

次の文章を読み、間に答えなさい。【配点 14】

純溶媒に不揮発性物質を溶解させた希薄溶液の蒸気圧は純溶媒の蒸気圧より低くなる。これを蒸気圧降下という。ラウールは希薄溶液の蒸気圧が溶媒のモル分率に比例することを見つけた。

$$(\text{溶液の蒸気圧}) = (\text{純溶媒の蒸気圧}) \times (\text{溶媒のモル分率})$$

純水の物質量を  $N$ 、不揮発性物質の物質量を  $n$  とすると、溶液の蒸気圧  $P$  は  $N$ 、 $n$ 、および純水の蒸気圧  $P_0$  を用いて次のように表される。

$$P = P_0 \times \boxed{\text{ア}}$$

蒸気圧降下の大きさ  $\Delta P$  は  $P_0$  と  $P$  の差であり、 $N$ 、 $n$ 、 $P_0$  を用いて次のように表される。

$$\Delta P = P_0 \times \boxed{\text{イ}}$$

希薄溶液では  $N \gg n$  であることから、溶液の全物質量は純水の物質量に等しいとみなせる。したがって  $\Delta P$  は次のように近似される。

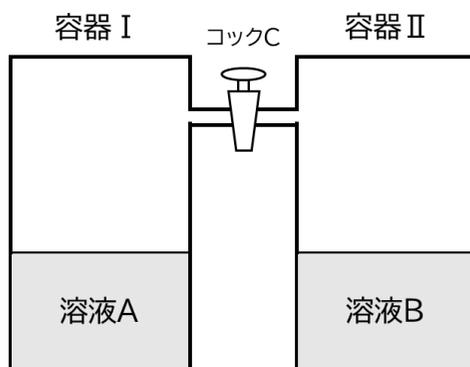
$$\Delta P \doteq P_0 \times \boxed{\text{ウ}}$$

不揮発性物質を溶かした希薄溶液では蒸気圧降下が起こるため、溶液の沸点は純溶媒の沸点よりも高くなる。このような現象を沸点上昇といい、沸点上昇度は希薄溶液の  $\boxed{\text{エ}}$  に比例する。

問1  ,  ,  に入る式を  $N$  と  $n$  を用いて書きなさい。

問2  に適切な語句を入れなさい。

問3 水 200 g に 0.702 g の塩化ナトリウムを溶かした溶液 A と、水 200 g に 2.88 g のグルコースを溶かした溶液 B を用意した。同じ容積をもつ容器 I に溶液 A、容器 II に溶液 B を入れ、下図のように連結した。次の (1)、(2) に答えなさい。ただし、モル質量は  $\text{NaCl}=58.5 \text{ g/mol}$ 、 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6=180 \text{ g/mol}$  とし、水溶液中で塩化ナトリウムは完全に電離しているものとする。



- (1) 溶液 A の沸点上昇度 [K] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、水のモル沸点上昇は  $0.500 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$  とする。
- (2) 温度が一定のもとで、コック C を開いて十分な時間が経過したとき、容器 I の液量が増加していた。このとき、容器 II から容器 I に移動した水の質量 [g] を求め、整数値で答えなさい。ただし、蒸気として存在する水の質量は無視できるものとする。

## VI

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 12】

$C_{21}H_{17}NO_4$  の分子式をもつ有機化合物 **X** がある。**X** に塩化鉄(III)水溶液を加えても色の変化はなく、炭酸水素ナトリウム水溶液にも反応しなかった。**X** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて十分に加熱後、塩酸で酸性にすると、それぞれベンゼン環をもつ化合物 **A** の塩酸塩、**B**、**C** が得られた。

**A** はニトロベンゼンの還元によって得られるベンゼンの一置換体で、さらし粉水溶液を加えると赤紫色を呈した。

**B** はベンゼンの二置換体で炭酸水素ナトリウム水溶液とは反応しないが、水酸化ナトリウム水溶液とは反応し溶解した。また、1.0 mol の **B** に十分な量の単体のナトリウムを反応させると、水素分子が 1.0 mol 発生した。**B** を過マンガン酸カリウムで酸化した後、アセチル化すると、市販の解熱鎮痛剤として用いられる化合物 **D** が得られた。

**C** はベンゼンの二置換体で、エチレングリコールと縮合重合させるとポリエチレンテレフタレートが得られた。

問 1 化合物 **A** に含まれる官能基を、次の①～⑤から 1 つ選び、番号で答えなさい。

- ① カルボキシ基    ② アミノ基    ③ スルホ基  
④ フェノール性ヒドロキシ基    ⑤ アルコール性ヒドロキシ基

問2 化合物 B に含まれる官能基を検出する試薬として、もっとも適切なものを、次の①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① さらし粉水溶液                      ② ニンヒドリン溶液  
③ アンモニア性硝酸銀水溶液        ④ 塩化鉄(III)水溶液

問3 化合物 D の化合物名を書きなさい。

問4 化合物 C と X の構造式をそれぞれ例にならって書きなさい。

【例】

