

## 令和6年度個別学力試験問題

## 化学

(理工学部)

解答時間 90分

配点 200点

## 注意事項

1. 解答開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 受験番号を解答用紙の所定の欄に記入してください。
3. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
4. 問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。
6. 必要ならば以下の数値を使いなさい。

原子量  $H = 1.00$ ,  $C = 12.0$ ,  $O = 16.0$ ,  $N = 14.0$ ,  $Na = 23.0$ , $S = 32.0$ ,  $Cl = 35.5$ ,  $Ca = 40.0$ ,  $Cu = 63.5$ ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  $\sqrt{5} = 2.2$ ,  $\sqrt{7} = 2.6$ ,  $\sqrt{13} = 3.6$ ,  $\sqrt{17} = 4.1$ ,  $\sqrt{19} = 4.4$

## 問題文の訂正

2 ページ・・・1 問 2 の訂正

【誤】

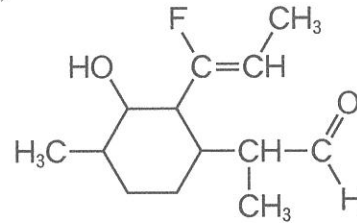
問 2 アルカンの燃焼に関する以下の問いに答えなさい。プロパンの燃焼熱は  $Q$  kJ とする。

【正】

問 2 アルカンの燃焼に関する以下の問いに答えなさい。プロパン 1 mol の完全燃焼による発熱量は  $Q$  kJ とする。

- 1 有機化合物に関する次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。計算値はすべて有効数字3桁で答えなさい。なお、構造式は記入例にならって記しなさい。

(記入例)



鎖式飽和炭化水素はアルカンと総称される。アルカンは空气中で燃焼すると多量の熱を生じるため、燃料として広く利用されているが、不完全燃焼をすると、すすや(ア)が生じる。天然ガスの主成分であるメタンが低温、高圧の一定条件下で、複数の水分子によって形成されるカゴ状構造の中に取り込まれた氷状の物質を(イ)と呼ぶ。(イ)は日本近海にも豊富に存在しており、シェールガスと並び未来のエネルギーとして注目されている。メタンは実験室では(Ⅰ)(ウ)に強塩基を加えて加熱することで得られる。アルカンは安定で反応性に乏しく塩素と混合しただけでは反応しないが、光を照射するとアルカンの水素原子が塩素原子と置き換わり、塩素が十分にあれば水素原子はさらに塩素原子に置き換わっていく。(Ⅱ)環状構造を持つ飽和炭化水素をシクロアルカンといい、一般式では(エ)と表される。シクロヘキサンは立体異性体の関係にあるいす形と舟形の構造の平衡混合物であり、この2つの構造のうち(オ)形は不安定なためほとんど存在しない。シクロヘキサンは化学的に安定で反応性に乏しいが、最も炭素数の少ないシクロアルカンである(カ)は歪みが大きく不安定である。このため(カ)は室温で臭素と反応して開環する。(Ⅲ)アルカンはアルキンに白金や(キ)などの金属を触媒として用いて水素を付加することでも得ることができる。アルキンの1つであるアセチレンは、アルミ箔に包んだ(ク)を水に浸すことで得られる。

- 問1 文章中の(ア)～(ク)において、(エ)には式を入れ、それ以外には適当な語句を入れなさい。

問 2 アルカンの燃焼に関する以下の問いに答えなさい。プロパンの燃焼熱は  $Q$  kJ とする。

- (1) アルカンの 1 つであるプロパンは家庭用のガス燃料として用いられている。プロパンが完全燃焼するときの熱化学方程式を書きなさい。
- (2) プロパン 8.80 g が完全燃焼したときに消費される酸素の標準状態 ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^5\text{ Pa}$ , 気体定数  $R = 8.31 \times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ ) での体積を計算式とともに答えなさい。なお、酸素は理想気体として考えなさい。
- (3) メタンとプロパンではどちらの方の燃焼熱が大きいか、大きい方を丸で囲みなさい。

問 3 下線部(I)の操作でメタンを捕集する方法として、上方置換、下方置換、水上置換のうち最も適している方法を丸で囲みなさい。

問 4 下線部(II)の反応で、メタンの水素原子が塩素原子に置き換わっていくのに従い、沸点および融点の値は高くなるか、低くなるか、当てはまる方をそれぞれ丸で囲みなさい。

問 5 炭素数が 5 のシクロアルカンの構造式をすべて書きなさい。ただし、立体異性体は区別しないものとする。

問 6 下線部(III)の反応の生成物の構造式と化合物名を答えなさい。

問 7 アセチレンに関する以下の問いに答えなさい。

- (1) アンモニア性硝酸銀水溶液にアセチレンを通したところ、白色沈殿が生じた。この反応の化学反応式を答えなさい。
- (2) 赤熱した鉄触媒にアセチレンを触れさせたところ重合反応が起こり、特有のにおいをもつ無色の液体が得られた。この反応で得られた化合物の名称を答えなさい。

2

以下の問いに答えなさい。なお、特別な指定のない限り計算値は有効数字2桁で答えなさい。

問1 溶液の性質について説明した次の文章を読み、あとの問いに答えなさい。

水に食塩を溶かした場合、水溶液の沸点は水の沸点より(ア)くなり、水溶液の食塩濃度が大きいほど沸点が(ア)くなる。このような現象を(イ)という。一方、溶液が純溶媒より凝固点が低くなる現象を(ウ)という。純溶媒を冷却していくと、液体のまま凝固点よりも温度が低くなる(エ)とよばれる状態になり、凝固が始まると温度が(オ)し、凝固点では温度は(カ)で凝固が進行する。このような凝固点に変化する現象は、自動車のエンジン冷却水や道路の凍結防止に応用されている。<sup>(A)</sup>

(1) 文章中の(ア)～(カ)に当てはまる語句を答えなさい。

(2) 下線部(A)の冷却水は、エチレングリコールを水に溶解させることによってつくることができる。エチレングリコール水溶液の凝固点を $-3.7^{\circ}\text{C}$ としたい。水 $1.0\text{ kg}$ に対してエチレングリコールを何g加えるとよいか、答えなさい。ただし、水の凝固点は $0^{\circ}\text{C}$ とし、水のモル凝固点降下を $1.85\text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とする。

問2 濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液と塩酸がある。これを用いて次の実験①と②を行った。あとの問いに答えなさい。

実験① 炭酸カルシウム $0.20\text{ g}$ を塩酸 $50.0\text{ mL}$ に溶解させ、均一な水溶液とした。この水溶液は酸性であった。この水溶液を中和するのに $17.0\text{ mL}$ の水酸化ナトリウム水溶液が必要であった。

実験② 塩酸 $10.0\text{ mL}$ を量りとり、水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ $5.00\text{ mL}$ が必要であった。

(1) 実験①で、炭酸カルシウムを塩酸に溶解させたときに起こる化学反応の反応式を答えなさい。

(2) 塩酸の濃度を $x[\text{mol/L}]$ 、水酸化ナトリウム水溶液の濃度を $y[\text{mol/L}]$ とし、実験②から $x$ と $y$ の関係を式で答えなさい。

(3) 実験①と②の中和反応から、塩酸の濃度 $[\text{mol/L}]$ を求めなさい。

問 3 炭酸ナトリウムと塩化ナトリウムとの混合物 10.0 g を水に溶解させ 1.0 L にした。この水溶液から 10.0 mL を量りとり、塩酸(0.10 mol/L)で中和滴定したところ 18.0 mL が必要であった。次の問いに答えなさい。

- (1) 混合物の水溶液と塩酸との中和反応における化学反応式を答えなさい。
- (2) 炭酸ナトリウムと塩化ナトリウムとの混合物 10.0 g に含まれる炭酸ナトリウムは何 g か、答えなさい。

問 4 硫酸銅(Ⅱ)水溶液に白金電極を浸し、1.0 A の直流電流を 1930 秒間流して、電気分解を行った。次の問いに答えなさい。

- (1) 陰極および陽極での反応の反応式を答えなさい。
- (2) 陰極で析出する物質は何 g か、答えなさい。
- (3) 陽極で発生する気体の体積は標準状態(0 °C,  $1.013 \times 10^5$  Pa)で何 mL か、答えなさい。

- 3 次の文章を読み、あとの問いに答えなさい。特別な指定がない限り計算値は有効数字2桁で答えなさい。

図3—1のような内容積一定のコック付き容器がある。コックを開閉することにより、ガスを導入もしくは排気できる。今、温度を $T_1$ に保ちながら一定量のガスを導入してコックを閉じ、内部の圧力を測定したところ、圧力が $P_1$ となった。次に、ガスを閉じ込めた状態で温度を $T_2$ にすると、内部の圧力が $P_2$ となった。このとき、圧力と温度の間には  のような関係がみられる。

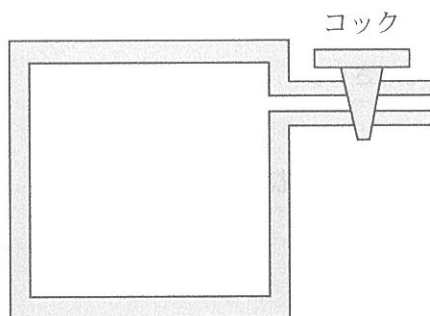
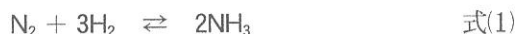
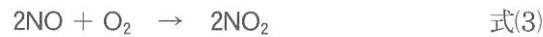


図3—1

窒素ガスと水素ガスをそれぞれ1.0 mol および3.0 mol 導入した図3—1の容器を準備した。容器の中では混合ガスが生成され、それらのガスが理想気体としてふるまう場合、全圧を $P_T$ 、それぞれの成分の示す分圧を $P_{N_2}$  および $P_{H_2}$  とすると、 $P_{N_2} =$   であり、 $P_T =$   となる。これは  の分圧の法則として知られる。続いて、容器をある一定の温度で放置すると、次式(1)で表される可逆反応が平衡状態に達した。なお、この反応において、成分はすべて気体であった。また、この反応熱を調べたところ、アンモニア $NH_3$ を1 mol 生成するのに39 kJの発熱となることがわかった。



アンモニア $NH_3$ は工業的には鉄Feを含む触媒を用いて、窒素と水素から直接合成される。この工業的製法を  法という。アンモニア $NH_3$ は  色、刺激臭の気体で水によく溶け、その水溶液は  性を示す。アンモニア $NH_3$ は硝酸 $HNO_3$ の原料としても利用されている。式(2)～式(4)のように、白金Ptなどを触媒として、アンモニア $NH_3$ を酸化することで硝酸 $HNO_3$ を得ることができる。このようなアンモニア $NH_3$ を原料とする工業的な合成法は  法と呼ばれる。濃硝酸は銅や銀などの金属と反応して、二酸化窒素を発生する。しかし、鉄やアルミニウムなどは、表面にち密な酸化被膜を生じ、それ以上反応しなくなる。このような状態を不動態という。



問 1 下線部(a)の圧力は、力が働く面積によって変化する。ある一定の力が働く面積が  $1 \text{ cm}^2$  の場合は、同じ大きさの力が  $1 \text{ m}^2$  に働く場合と比べて圧力は何倍になると考えられるか。最も適するものを下記の(ア)~(カ)の中から選び、その記号を1つ書きなさい。

(ア)  $10^{-4}$     (イ) 0.01    (ウ) 0.1    (エ) 10    (オ) 100    (カ)  $10^4$

問 2 ある液体を図3—1の容器に入れ、温度  $127^\circ\text{C}$  にすると、液体がすべて気体となった。このとき、内部の圧力は  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  であり、その気体の密度は  $1.39 \text{ g/L}$  であった。この液体の分子量を求めなさい。気体定数は  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  としなさい。

問 3 下線部(b)の平衡において、平衡定数は  $3.0 \text{ L}^2/\text{mol}^2$  であった。平衡時のアンモニアの物質質量を求めなさい。

問 4 平衡状態にある式(1)において、以下の場合に平衡はどちらに移動するのかを答えなさい。式(1)が右に移動する場合には→(右矢印)、左に移動する場合には←(左矢印)、移動しない場合には「変化なし」と答えなさい。

(i) 温度を高くする    (ii) 気体成分をすべて2倍にする

問 5  ~  に入るものとして最も適しているものを下記の①~⑳から1つずつ選び、その記号を答えなさい。

① ボイル    ② ドルトン    ③ シャルル    ④ アボガドロ    ⑤ クメン

⑥ ハーバー・ボッシュ    ⑦ ソルベー    ⑧ オストワルト

⑨  $\frac{1}{3} \times P_{\text{H}_2}$     ⑩  $\frac{1}{4} \times P_{\text{H}_2}$     ⑪  $\frac{3}{4} \times P_{\text{H}_2}$     ⑫  $\frac{1}{3} \times P_T$

⑬  $P_{\text{N}_2} + P_{\text{H}_2}$     ⑭  $P_{\text{N}_2} + 3P_{\text{H}_2}$     ⑮  $\frac{1}{4} \times P_{\text{N}_2} + \frac{3}{4} \times P_{\text{H}_2}$

⑯  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$     ⑰  $\frac{P_1}{T_2} = \frac{P_2}{T_1}$

⑱ 無    ⑲ 白    ⑳ 黒    ㉑ 茶    ㉒ 酸    ㉓ 塩基

問 6 アンモニアは、実験室では塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$  と水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  を混合し、加熱して得られる。この反応の化学反応式を示しなさい。

問 7 式(2)~式(4)の反応において、 $0^\circ\text{C}$ 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  で  $67.2 \text{ L}$  のアンモニア  $\text{NH}_3$  から得ることができる硝酸  $\text{HNO}_3$  の質量は最大で何  $\text{g}$  か、求めなさい。

気体定数は  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  としなさい。