

前期日程

令和 7 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 $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $S = 32$

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

1

下記の問いに答えなさい。計算値はすべて有効数字2桁で答えなさい。

問1 次の(ア)～(カ)の気体がそれぞれ10 g ずつあるとき標準状態(0℃(273 K), 1.013×10^5 Pa)における体積が最小のものと最大のものはどれか、記号で答えなさい。同じ体積になるもの2つを記号で答えなさい。

(ア) H_2 (イ) SO_2 (ウ) C_2H_6 (エ) C_3H_8 (オ) CO_2 (カ) NH_3

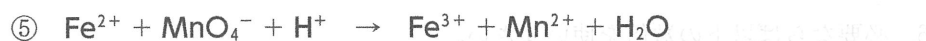
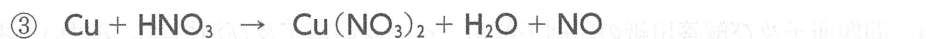
問2 次の問いに答えなさい。

(1) 39.2 g の硫酸の物質量を答えなさい。硫酸の純度は100 % とし、計算過程を示しなさい。

(2) (1)の硫酸を水に溶解させた。硫酸は水溶液中では完全に電離するものとした場合、この水溶液中の水素イオンと硫酸イオンの個数の合計数を答えなさい。また、計算過程を示しなさい。

(3) 硫酸と水酸化ナトリウムを過不足なく中和させた場合に得られる塩は、塩の組成による分類では何とよぶか、答えなさい。また、同じ物質量の硫酸と水酸化ナトリウムの中和によって得られた塩は、塩の組成による分類では何とよぶか、答えなさい。

問3 次の未完成の反応式について、あとの問いに答えなさい。



(1) ①～⑤の反応式で記載が必要な係数を求め、反応式を完成させなさい。

(2) 反応式③において、酸化された原子と還元された原子について、酸化数の変化をそれぞれ答えなさい。酸化数の変化は、「+4 から +2 に変化」の形式で記載しなさい。

問 4 固体の溶解度は一般に溶媒 100 g に溶けうる溶質の限界の量であり、質量[g]の値で表される。硝酸カリウム(KNO_3)、塩化ナトリウム(NaCl)、硫酸銅(Ⅱ)(CuSO_4)の水への溶解度と温度の関係を表 1—1 に示した。固体の水への溶解度に関して、あとの問いに答えなさい。

表 1—1 固体の水への溶解度と温度の関係

溶質	溶解度(水 100 g に溶けうる固体の質量[g]の数値)				
	0 °C	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C
硝酸カリウム	13.3	31.6	63.9	109	169
塩化ナトリウム	37.6	37.8	38.3	39.0	40.0
硫酸銅(Ⅱ)	14.0	20.2	28.7	39.9	56.0

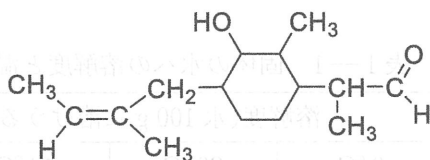
(1) 60 °C の水 100 g に溶解する硫酸銅(Ⅱ)五水和物は何 g か、計算過程を示し、答えなさい。

(式量 : $\text{CuSO}_4 = 160$)

(2) 硝酸カリウム 70 g がある。実験に 35 g の硝酸カリウムを使用したいが、不純物として塩化ナトリウムが 10 % 含まれていることがわかった。そのため、再結晶によって精製することにした。表 1—1 の情報を参考にして、どのようにすれば精製することができるか、方法の概要を説明しなさい。

- 2 有機化合物に関する下記の問いに答えなさい。計算値はすべて有効数字2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)



問 1 次の文章を読んであとの問いに答えなさい。

ニトロベンゼンを金属スズと濃塩酸を作用させて還元するとアニリン塩酸塩が得られた。この塩酸塩の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加え、アニリンを得た。このアニリンに無水酢酸を作用させてアセトアニリドを合成した。

(1) この反応の化学反応式を答えなさい。ニトロベンゼンからアニリンが得られる反応とアニリンからアセトアニリドが得られる反応に分けて答えなさい。

(2) ニトロベンゼン 49.2 g を用いた場合、アニリンが 80 % の収率で得られた。得られたアニリンの質量は何 g か、計算過程を示し、答えなさい。

(3) (2) のアニリンからアセトアニリドをつくるには理論上何 g の無水酢酸が必要か、計算過程を示し、答えなさい。

(4) (2) のアニリンから得られるアセトアニリドの質量は何 g か、計算過程を示し、答えなさい。

(5) アニリンから塩化ベンゼンジアゾニウムを合成し、その水溶液にナトリウムフェノキシド水溶液を加えることによって、アゾ基 $-N=N-$ をもつ化合物を得ることができる。この化合物を得るための化学反応の名称と得られる化合物の構造式を答えなさい。

問 2 アルコール、エーテル、カルボン酸、エステル化合物について、次の問いに答えなさい。

(1) $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ の分子式をもつエステル化合物がある。この化合物を加水分解するとアルコールと CH_2O_2 の分子式をもつカルボン酸になった。アルコールはヨードホルム反応を示した。このカルボン酸およびアルコールの構造式を答えなさい。

(2) (1)のアルコールを分子内脱水反応させるとアルケンが得られた。このアルケンとして考えられるすべての化合物の構造式を答えなさい。

(3) $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ の分子式で示される化合物を酸化するとアルデヒドが得られた。酸化によって、このアルデヒドを与えるすべての化合物の構造式を答えなさい。

(4) $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ の分子式で示される立体異性体の関係にある 2 つの 2 価のカルボン酸がある。この立体異性体の名称と構造式を答えなさい。また、それらの中の一つは、加熱すると容易に脱水反応し、環状化合物になる。この環状化合物の構造式を答えなさい。

3 次の文章を読んであとの問いに答えなさい。

水 H_2O に氷・水・水蒸気があるように、物質には3つの状態があり、これらを物質の **A** という。温度や圧力を変えると、物質の **A** は、相互に変化する。このような **A** 間の変化を状態変化という。一定圧力の下で固体を加熱すると、ある温度で液体に変化する。この固体が液体になる変化を **B** といい、その逆の変化を **C** という。

① 一方、液体が気体になる変化を蒸発、その逆の変化を凝縮という。温度を一定に保ち、乾燥空気
で満たした密閉容器内に少量の液体を入れて放置すると、最初は、単位時間あたりに蒸発する分子の数は、凝縮する分子の数より多い。蒸気中の分子の数が増えるにつれて、凝縮する分子の数
も多くなる。やがて、蒸発速度と凝縮速度が等しくなり、見かけ上、蒸発も凝縮も起こっていない飽和状態になる。この状態を **D** という。

水は氷の結晶になるとき、体積が増加して密度が小さくなる。水の密度は **E** となる。
結晶は原子、分子、イオンなどの粒子が規則正しく配列した構造をもつものをいい、結晶中の粒子の立体的な配列構造を結晶格子という。結晶格子はある小さな配列が規則的に繰り返されてでき
ており、この結晶格子の最小の繰り返し単位を単位格子という。② 氷の結晶は、1つの水分子が
F 個の水分子に囲まれて1つ1つの水分子が **G** の頂点に位置していて、すき間の多い構造を取っている。この構造は、水分子間のファンデルワールス力に加えて、**H** で作られている。

問 1 空欄 A～D に適当な語句を答えなさい。また、E～H は以下の解答群から選び番号で答えなさい。

[解答群]

- | | | | | | |
|---------|----------|----------|--------|--------|-----|
| ① 0℃で最大 | ② 0℃で最小 | ③ 4℃で最大 | | | |
| ④ 4℃で最小 | ⑤ 10℃で最大 | ⑥ 10℃で最小 | | | |
| ⑦ 2 | ⑧ 3 | ⑨ 4 | ⑩ 5 | ⑪ 6 | ⑫ 8 |
| ⑬ 三角形 | ⑭ 正方形 | ⑮ 正四面体 | ⑯ 立方体 | ⑰ 正八面体 | |
| ⑱ 共有結合 | ⑲ イオン結合 | ⑳ 金属結合 | ㉑ 水素結合 | | |

問 2 下線部①に関して次の問いに答えなさい。圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、 0°C の水の融解熱を 6.0 kJ/mol 、 0°C から 100°C までの水 1 g の温度を 1 K 上げるのに必要な熱量は $4.18 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ 、 100°C での水の蒸発熱は 40.7 kJ/mol とする。ただし、密度の影響は無視できるものとする。

(1) 圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、 0°C の氷 36 g を加熱して、すべて 40°C の水にする。このとき必要な熱量 $[\text{kJ}]$ を有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

(2) 0°C の氷 45 g に 30 kJ の熱量を加えると、 45 g の水になった。この水の温度は何 $^\circ\text{C}$ か。小数点以下の数字を四捨五入して答えなさい。計算過程も示しなさい。

問 3 分子間に働く引力が強くなると、一般に、固体から液体、液体から気体への状態の変化の起こりやすさは、どうなるか。起こりやすくなる、起こりにくくなる、のいずれかで答えなさい。

問 4 蒸気圧について以下の記述(ア)～(エ)のうち正しい記述をすべて選び、記号で答えなさい。

(ア) 温度と蒸気圧の関係は反比例の関係である

(イ) 密閉容器中で液体と蒸気が存在し D の状態の時、温度が一定であれば、容器の体積や液体の量に関わらず、蒸気圧は物質固有の一定の値を示す

(ウ) 異なる気体を同じ空間に共存させると単独の場合よりも各気体の蒸気圧はそれぞれ増加する

(エ) 標高が高く大気圧が $7.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ の場所では、大気圧が $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の低地と比べて水の沸点は高くなる

問 5 一端を閉じた断面積 2.0 cm^2 のガラス管に水銀を満たし、 25°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ($= 760 \text{ mmHg}$) の条件で水銀の入った容器中に倒立させた。このとき、図 3—1 に示すように、容器の水銀面から水銀柱の高さが 760 mm となり、ガラス管内の上部は真空となった。容器中の水銀面からガラス管の上端までの高さは 1000 mm であった。次の問いに答えなさい。ただし、水銀の蒸気圧は無視できるものとし、問題中の気体は全て理想気体としてふるまい、互いに反応しないものとする。

(1) ガラス管の下から上部の空間に気体 X を入れたところ、水銀柱の高さが 60 mm 下がった。このとき、気体 X の体積 $[L]$ を有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

(2) 注入した気体 X の物質質量 $[\text{mol}]$ を有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

(3) 気体 X に加えて、さらにガラス管の下から上部の空間に気体 Y を入れたところ、水銀柱の高さが 300 mm となった。このときの気体 Y の分圧 $[\text{Pa}]$ を有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

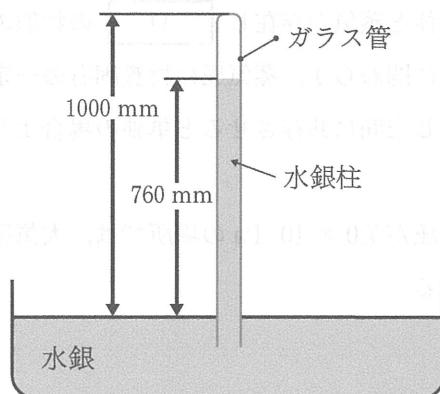


図 3—1

問 6 下線部②に関して次の問いに答えなさい。

- (1) 図 3—2 のような面心立方格子をもつ金属原子 Z の結晶は単位格子中には何個の原子が含まれるか答えなさい。
- (2) 図 3—2 の単位格子の一辺の長さを a [cm] として、金属原子 Z の直径 [cm] を答えなさい。 $\sqrt{}$ はそのまま用いて答えなさい。
- (3) 図 3—2 について、金属原子 Z の原子量を M 、アボガドロ定数を N_A [/mol] として、結晶の密度 [g/cm^3] を答えなさい。計算過程も示しなさい。

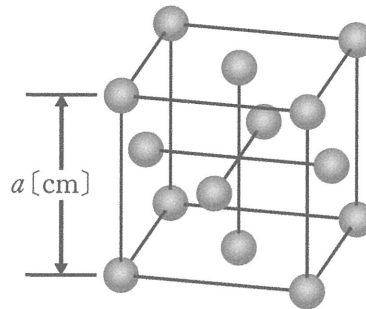


図 3—2

