

【1】

必要なら、原子量は $H=1.0$, $C=12$, $N=14$, $O=16$, $Na=23$, $Al=27$, $S=32$, $Cl=35.5$, $K=39$, $Ca=40$, $Mn=55$, $Ag=108$, アボガドロ定数 $N_A=6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数 $R=8.3 \times 10^3 \text{Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, $\log_{10}2=0.30$, $\log_{10}3=0.48$, $\log_{10}5=0.70$ を用いなさい。すべての気体は理想気体として扱うものとする。

以下の問題(第1問～第3問)の答えをマークシートに記しなさい。

第1問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

問1 AとBはある元素の同位体である。Aの原子番号はZで、AとBの質量数の和は $2m$ 、中性子の数はAの方がBより $2n$ 大きい。以下の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) Aの中性子の数を示す式はどれか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① $m+n-Z$ ② $m+n$ ③ $m-n-Z$ ④ $2n$
⑤ $m-n$ ⑥ $m-n+Z$

(b) m が29, n が1, AとBの中性子の数の和が30であるときの元素は何か。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 炭素 ② 窒素 ③ 酸素 ④ ケイ素 ⑤ リン
⑥ 硫黄

問2 コロイドに関する記述のうち、誤りを含むものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① デンプンやタンパク質は分子量が大きく、その分子1個がコロイド粒子となる。このような粒子が分散したコロイドを分散コロイドという。
② コロイド粒子の電荷と反対の電荷を持つイオンの価数が大きいほど、凝析の効果が大きい。
③ コロイド溶液に直流の電圧をかけるとコロイド粒子は自身が帯電している電荷とは反対の電極の方へ移動する。
④ コロイド粒子は光を散乱するため、コロイド溶液に強い光線を照射すると光の通路が輝いて見える。
⑤ コロイド溶液が流動性を失い固まった状態をゲルという。
⑥ 疎水コロイド粒子を取り囲み、少量の電解質を加えても凝析しにくくさせる親水コロイドを保護コロイドという。

問3 アルミニウムは希塩酸に溶けて気体Aを発生する。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) (イ)～(ヘ)の気体のうち、気体Aと同じ捕集方法が適切な気体はどれか。正しいもののみをすべて含む組み合わせを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- (イ) 酸素 (ロ) 一酸化炭素 (ハ) 窒素
(ニ) アンモニア (ホ) 二酸化硫黄 (ヘ) 一酸化窒素

- ① (イ), (ハ) ② (ロ), (へ)
 ③ (イ), (ロ), (ホ) ④ (ハ), (ニ), (へ)
 ⑤ (ロ), (ニ), (ホ), (へ) ⑥ (イ), (ロ), (ハ), (へ)

(b) 5.40g のアルミニウムを完全に溶かすのに必要な質量パーセント濃度 10.0%の希塩酸は最低何 g か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。

- g
 ① 7.30 ② 12.4 ③ 21.9 ④ 73.0 ⑤ 124
 ⑥ 219

問 4 錯塩 X はアンモニア、塩化物イオン、原子量 59 の金属 M のイオンで構成される。2.505g の X に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱して完全に分解し、すべてのアンモニアを気体として発生させ回収した。一方、残った溶液に希硝酸を加えて弱酸性とし、硝酸銀水溶液を充分に加えて X に含まれていた塩化物イオンをすべて 4.305g の塩化銀として析出させた。回収したアンモニアは $2.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の希硫酸 150mL に完全に吸収させ、 $2.50 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定すると 40.0mL を要した。次の問い(a)～(c)に答えなさい。

- (a) 発生したアンモニアの物質量は何 mol か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 mol
 ① 1.00×10^{-2} ② 2.00×10^{-2} ③ 3.00×10^{-2} ④ 4.00×10^{-2}
 ⑤ 5.00×10^{-2} ⑥ 6.00×10^{-2}
- (b) X に含まれる金属 M のイオンの物質量は何 mol か。最も近い値を①～⑥

- の中から一つ選びなさい。 mol
 ① 1.00×10^{-2} ② 2.00×10^{-2} ③ 3.00×10^{-2} ④ 4.00×10^{-2}
 ⑤ 5.00×10^{-2} ⑥ 6.00×10^{-2}

- (c) X を構成する金属 M のイオン、塩化物イオン、アンモニアの物質量比(金属 M のイオン : 塩化物イオン : アンモニア)はいくつか。最も適切なものを①～⑥の中から一つ選びなさい。
 ① 1 : 2 : 5 ② 1 : 2 : 6 ③ 1 : 3 : 5 ④ 1 : 3 : 6
 ⑤ 1 : 4 : 3 ⑥ 1 : 4 : 4

第 2 問 気体の密度 [g/L] に関する次の各問いに答えなさい。 [解答番号 ~]

- 問 1 次の①～⑥の気体のうち、同温同圧において密度が最も小さい気体はどれか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。
 ① 酸素 ② 窒素 ③ 一酸化窒素
 ④ 二酸化窒素 ⑤ 四酸化二窒素 ⑥ 二酸化炭素

- 問 2 0.500mol の四酸化二窒素のみを体積可変の密閉容器に入れて加熱した。温度上昇にともなって以下のような状態に変化するものとする。
- ・ 沸点(21°C)～140°Cのとき、次の平衡が成立する。

$$\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$$
 - ・ 150°C～650°Cのとき、四酸化二窒素は存在せず、二酸化窒素は分解され始め、次の平衡が成立する。

$$2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} + \text{O}_2$$

・650℃以上のとき、二酸化窒素は存在せず、一酸化窒素は分解され始め、次の平衡が成立する。



容器内の気体の圧力は常に $1.00 \times 10^5 \text{Pa}$ とし、次の問い(a)~(e)に答えなさい。

(a) 27℃において、四酸化二窒素の体積の20.0%が二酸化窒素となっていた。次の問い(i)~(iii)に答えなさい。

(i) 容器内の気体分子の数はいくつか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 6.0×10^{22} ② 1.2×10^{23} ③ 1.8×10^{23} ④ 2.4×10^{23}
⑤ 3.0×10^{23} ⑥ 3.6×10^{23}

(ii) 容器内の気体の密度はいくつか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 g/L

- ① 3.08 ② 3.69 ③ 4.62 ④ 6.16 ⑤ 9.24
⑥ 18.5

(iii) 容器内の気体の密度は同温同圧における酸素の密度の何倍となるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 1.44 ② 2.40 ③ 2.88 ④ 3.59 ⑤ 4.79
⑥ 7.19

(b) 67℃において、容器内の気体の密度が同温同圧における酸素の密度の1.9倍であったとすると、容器内の二酸化窒素の割合(体積パーセント)はいくつか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 %

- ① 16 ② 32 ③ 44 ④ 56 ⑤ 68 ⑥ 84

(c) 147℃において、容器内には四酸化二窒素が存在していなかったとすると、容器内の気体の密度は同温同圧における酸素の密度の何倍となるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 1.44 ② 2.40 ③ 2.88 ④ 3.59 ⑤ 4.79
⑥ 7.19

(d) 397℃において、容器内の気体の密度が同温同圧における酸素の密度の1.25倍であったとすると、二酸化窒素は体積で何%分解されていることになるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 %

- ① 10 ② 20 ③ 30 ④ 70 ⑤ 80 ⑥ 90

(e) 727℃において、容器内の気体の密度はいくつか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 g/L

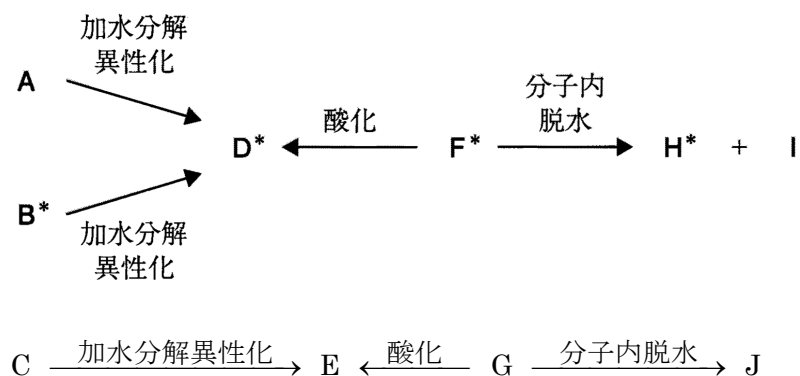
- ① 0.369 ② 0.554 ③ 1.18 ④ 1.48 ⑤ 2.36
⑥ 4.44

第3問 次の各問いに答えなさい。 [解答番号 ~]

炭素-炭素二重結合の炭素原子にヒドロキシ基が結合している化合物の構造はエノール型と呼ばれるが一般に不安定なため、ケト型と呼ばれるカルボニル基をもつ安定な構造異性体に変化する。例えば、酢酸ビニルの酸触媒による加水分解で生成するビニルアルコール(エノール型)は、すぐにアセトアルデヒド(ケト型)に異性化する。

分子式 $C_9H_{14}O_2$ の六員環構造を有する酢酸エステル A, B および C を加水分解すると、いずれも異性化を伴って、A および B からは化合物 D(ケト型)と酢酸が、C からはフェーリング溶液を還元する化合物 E(ケト型)と酢酸が得られた。また、D および E はそれぞれ、シクロヘキサン骨格をもつアルコールである F および G を酸化することでも得られた。F を分子内で脱水させると、化合物 H と I の混合物になり、G を分子内で脱水させると化合物 J のみが得られた。H, I および J はいずれも六員環構造と二重結合を両方有する分子式 C_7H_{12} の炭化水素であった。B, D, F および H は不斉炭素原子をもち、A, C, E, G, I および J は不斉炭素原子をもたない。

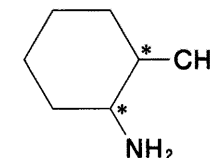
この一連の反応の概略図は次の通りである。図中のアルファベット右上の* (例えば、B*)は、構造中に不斉炭素原子をもつことを示す。



また、構造式中で、六員環中の炭素および炭素に結合している水素は省略してある。

なお、環状構造における不斉炭素原子の例を次の構造式中の*で示した。

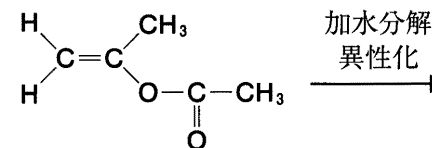
【環状構造における不斉炭素原子の例】



問 1 酢酸エチルに関する次の記述のうち、誤っているものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 1

- | | |
|---------------|------------------|
| ① 中性の分子である。 | ② 密度は水より大きい。 |
| ③ 有機溶媒によく溶ける。 | ④ 揮発性である。 |
| ⑤ 芳香をもつ。 | ⑥ エステル結合には極性がある。 |

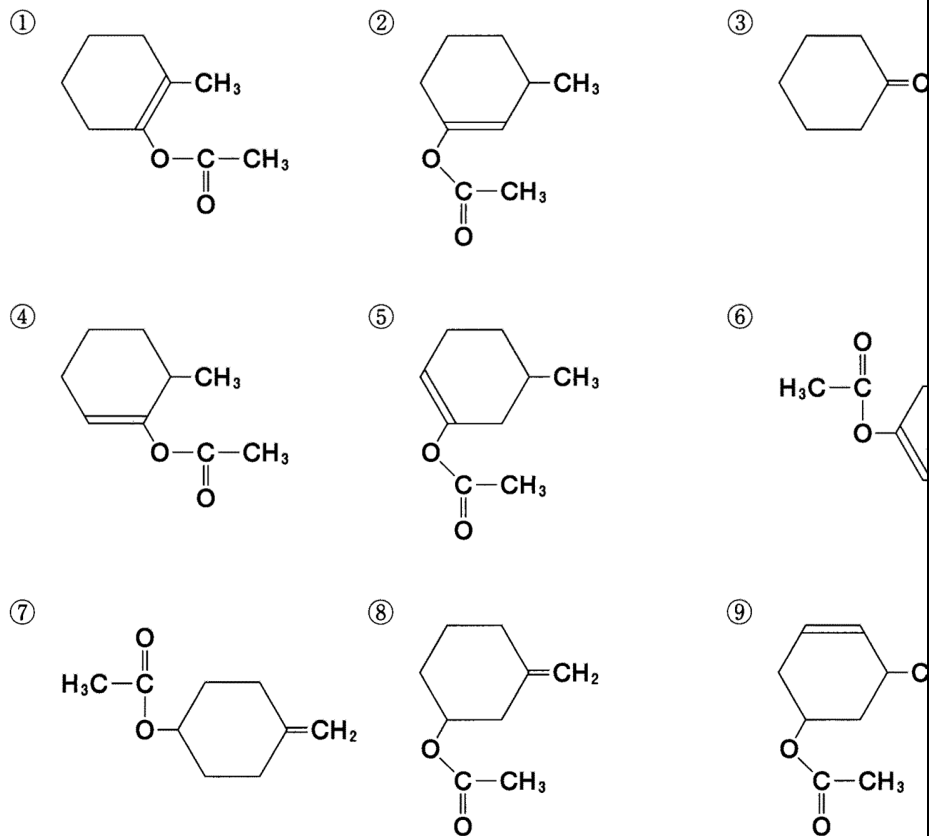
問 2 以下に示す酢酸エステルの加水分解産物のうち、異性化して生成する物質は何か。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 2



- | | | |
|------------|------------|------------|
| ① 1-プロパノール | ② 2-プロパノール | ③ アセトアルデヒド |
| ④ ビニルアルコール | ⑤ エタノール | ⑥ アセトン |

問 3 A, B, C の構造式として, 正しいものを①~⑨の中から一つずつ選びなさい。ただし, 不斉炭素原子を示す*は省略してある。

A B C



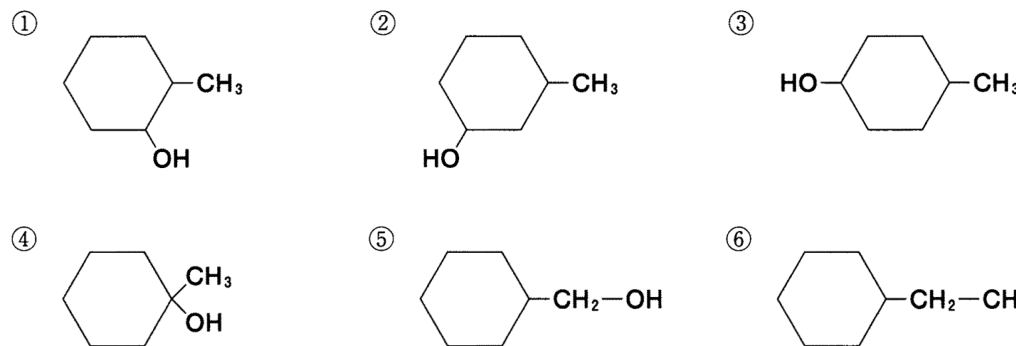
問 4 分子式 C_7H_{12} の炭化水素の構造異性体のうち, 六員環構造と二重結合を両方有するものはいくつあるか。正しい数を①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし, 立体異性体は区別しないものとする。

① 3 ② 4 ③ 5 ④ 6 ⑤ 7 ⑥

8

問 5 F, G の構造式として, 正しいものを①~⑥の中から一つずつ選びなさい。ただし, 不斉炭素原子を示す*は省略してある。

F G



【2】

必要なら, 原子量は $H=1.0$, $C=12$, $N=14$, $O=16$, $Na=23$, $Al=27$, $S=32$, $Cl=35.5$, $K=39$, $Ca=40$, $Mn=55$, $Ag=108$, アボガドロ定数 $N_A=6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数 $R=8.3 \times 10^3 \text{Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, $\log_{10}2=0.30$, $\log_{10}3=0.48$, $\log_{10}5=0.70$ を用いなさい。すべての気体は理想気体として扱うものとする。

次の実験に関する各問いの答えを解答用紙に記入しなさい。

[実験(i)]

密度が $0.828 \text{g}/\text{cm}^3$ のトルエン 30.0mL に $0.60X$ [g] の安息香酸を加えて溶解させたところ, 一部溶解残りが生じていた。ここに塩基性にした過マンガン

酸カリウム水溶液を充分加えて加熱し反応させたところ、安息香酸の溶解残りはすべて溶解し、かわりに(イ)黒色沈殿が生じた。また溶液は2層(上層①と下層①)に分離しており上層①は 21.0mL のトルエンのみであった。下層①を回収し、塩酸を加えたところ白色沈殿が生じたので、白色沈殿が生じなくなるまで塩酸を加えた後、この沈殿を回収し乾燥させた(沈殿物 I)。

[実験(ii)]

[実験(i)] で得られた沈殿物 I に 50.0mL のエタノールと 5.0mL の(ロ)濃硫酸を加えて、図 1 の実験装置で反応させ、反応後、反応液を室温まで放冷した。放冷後、反応液に 50.0mL の水と 30.0mL のジエチルエーテルを加えてよくかくはんし、上層を回収した(上層②)。(ハ)上層②に飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を 30.0mL 加えてよく混ぜ、上層③と下層②を分け、下層②に充分量の塩酸を加え生じた白色沈殿(化合物 A)を回収し、乾燥させたところその質量は X [g] であった。上層③には無水塩化カルシウムを加え充分時間を経過させ、ろ過後、ゆっくり加熱しながらジエチルエーテルを蒸発させ分留すると化合物 B が得られ、その質量は $1.5X$ [g] であった。

実験中のトルエンの蒸発は無視し、トルエン、安息香酸の水への溶解および温度による溶液の体積変化はないものとし、分離と回収は 100%とする。

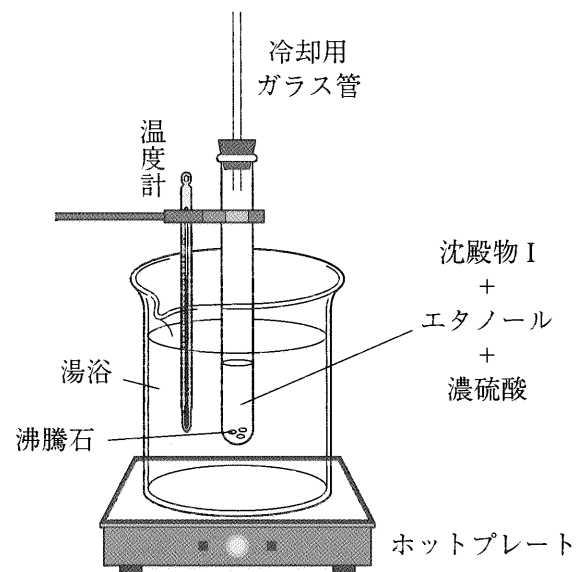


図 1

問 1 下線部(イ)の黒色沈殿は何か。化学式を記しなさい。

問 2 下線部(ロ)の濃硫酸の役割として最も適切な言葉を漢字 2 文字で答えなさい。

問 3 下線部(ハ)の反応では気体が発生する。この気体の物質名と化学式を記しなさい。

問 4 化合物 A は何か。物質名と構造式を記しなさい。

問 5 化合物 B は何か。構造式を記しなさい。

問 6 文中の X はいくつになるか。数字のみを答えなさい。

問 7 下線部(ロ)の濃硫酸の代わりに同量の濃塩酸を用いて、その他の条件を変えずに同様の実験を行ったところ、得られた化合物 B は $1.5X$ [g] より少なかった。この理由を 60 文字以内で答えなさい。