

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34】

問1 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

原子どうしの結合を化学結合という。金属元素の原子は電子を引き付ける力が弱く、価電子は原子から離れやすい。金属元素の原子どうしが結合した金属結晶中では、価電子はすべての原子に共有されており **ア** とよばれる。

(1) **ア** に適切な語句を入れなさい。

(2) 金属結晶の性質を①～⑥から2つ選び、番号で答えなさい。

- | | |
|------------|-------------|
| ① やわらかくもろい | ② たたくと薄く広がる |
| ③ 硬く割れやすい | ④ 薄くはがれやすい |
| ⑤ 絶縁性を示す | ⑥ 光沢をもつ |

問2 次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) 結合に極性はあるが、分子内で極性を打ち消しあって分子全体で無極性となる分子を①～⑤から2つ選び、番号で答えなさい。

(2) 分子間に水素結合を形成する分子を①～⑤から2つ選び、番号で答えなさい。

- | | | |
|---------|---------|-----|
| ① 二酸化炭素 | ② 四塩化炭素 | ③ 水 |
| ④ フッ化水素 | ⑤ 塩素 | |

問3 次の文章を読み、(1)～(3)に答えなさい。

金属の単体であるA, B, C, Dがある。Cは水と容易に反応したが, A, B, Dは反応しなかった。B, C, Dは①希硫酸に気体を発しながら溶解した。Aは希硫酸とは反応しなかったが, 熱した②濃硫酸とは反応し, 気体を発しながら溶解した。Bのイオンを含む水溶液にDを浸すと, Bが析出した。

- (1) A, B, C, Dをイオン化傾向の大きい順に並べなさい。
- (2) 下線部①で発生した気体を化学式で答えなさい。
- (3) 下線部②で発生した気体を化学式で答えなさい。

問4 次の(1), (2)に答えなさい。必要なら $\log_{10}2=0.30$ を用いなさい。

- (1) 0.20 mol/Lの塩酸200 mLと0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液100 mLを混合し, 全量を300 mLとした水溶液のpHを小数第1位まで求めなさい。ただし, 塩化水素と水酸化ナトリウムは水溶液中で完全に電離しているものとする。
- (2) ある1価の弱酸の電離定数 K_a は 2.0×10^{-8} mol/Lである。この弱酸のモル濃度が 2.0×10^{-2} mol/Lのとき, 次の(a), (b)に答えなさい。
 - (a) この弱酸水溶液における電離度 α を有効数字2桁で答えなさい。ただし, α は1よりも十分に小さいものとする。
 - (b) この弱酸水溶液のpHを小数第1位まで求めなさい。

問5 次の文章を読み、(1)～(3)に答えなさい。

窒素は大気中に約 78%含まれ、工業的には液体空気の **ア** によって製造される。窒素と水素の化合物であるアンモニアは、窒素と水素を **イ** を触媒として高温・高圧で反応させて製造される。このような工業的製法を **ウ** という。また、**エ** を触媒としてアンモニアから硝酸を得る工業的製法を **オ** という。

(1) **ア** に適切な語句を入れなさい。

(2) **イ** ～ **オ** に入る適切な化学式および語句の組み合わせとして正しいものを、次の①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

	イ	ウ	エ	オ
①	Pt	ハーバー・ボッシュ法	Fe_3O_4	オストワルト法
②	Pt	オストワルト法	Fe_3O_4	ハーバー・ボッシュ法
③	Fe_3O_4	ハーバー・ボッシュ法	Pt	オストワルト法
④	Fe_3O_4	オストワルト法	Pt	ハーバー・ボッシュ法

(3) 実験室では、アンモニアは塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱して発生させる。その際のアンモニアの捕集方法を理由とともに簡潔に答えなさい。

問6 分子式 $C_4H_8O_2$ で表されるエステルについて、次の(1)～(3)に答えなさい。

- (1) この分子式をもつエステルの構造異性体の数を答えなさい。
- (2) この分子式をもつエステルを加水分解して得られるアルコールのうち、ヨードホルム反応を示すアルコールの数を答えなさい。
- (3) この分子式をもつエステルには、加水分解すると還元性を示すカルボン酸を生じるものがある。このカルボン酸の名称を答えなさい。

II

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 13】

A～E は硝酸銀、硫酸銅(II)、塩化バリウム、炭酸ナトリウム、クロム酸カリウムのいずれかである。A～E について、以下の (i) ～ (vi) を行った。

- (i) A と B の水溶液を調製したところ、溶液の色はそれぞれ黄色、青色であった。
- (ii) A の水溶液に塩酸を加えると溶液の色が黄色から赤橙色に変化した。
- (iii) A と C の水溶液を混合すると黄色の沈殿が生じた。
- (iv) B と E の水溶液に濃アンモニア水を少量加えると、それぞれ青白色と褐色の沈殿を生じた。さらに濃アンモニア水を加えていくと、いずれの沈殿も溶解した。
- (v) D の水溶液に塩酸を加えると気体が生じた。
- (vi) C と E の水溶液を混合すると白色の沈殿が生じた。

問 1 B, C, E は何か、化学式で答えなさい。

問 2 (ii) で起きた変化をイオン反応式で示しなさい。

問 3 (iv) で生じた褐色の沈殿の化学式を答えなさい。

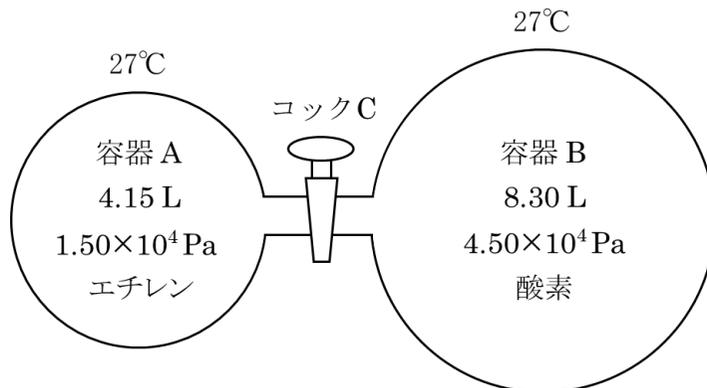
問 4 (v) で起きた変化を化学反応式で示しなさい。

Ⅲ

次の文章を読み、問に答えなさい。気体はすべて理想気体とみなし、温度変化による容器の体積変化はないものとする。連結部分の容積および液体の体積は無視してよい。原子量は $H=1.0$ 、 $C=12$ 、 $O=16$ とする。気体定数は $R=8.3\times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 、 27°C における水の蒸気圧は $3.00\times 10^3 \text{ Pa}$ とする。

【配点 13】

容積 4.15 L の容器 A と容積 8.30 L の容器 B がコック C で連結されている。コック C を閉じた状態で、容器 A には 27°C で $1.50\times 10^4 \text{ Pa}$ のエチレン、容器 B には 27°C で $4.50\times 10^4 \text{ Pa}$ の酸素が入っている。この状態から、以下の操作 1 ～ 3 を順に行った。



操作 1 : 容器 A, B の温度を 27°C に保ったままコック C を開き、気体を十分に混合した。

操作 2 : コック C を開いたままエチレンを完全に燃焼させた。

操作 3 : 操作 2 の後、容器 A, B の温度を 27°C に保ったところ、液体が生じた。

問 1 操作 1 を行う前のエチレンおよび酸素の物質質量 [mol] をそれぞれ有効数字 2 桁で答えなさい。

問 2 操作 1 終了後のエチレンの分圧 [Pa] および全圧 [Pa] をそれぞれ有効数字 2 桁で答えなさい。

問 3 操作 2 のエチレンの燃焼を化学反応式で示しなさい。

問 4 操作 3 終了後の全圧 [Pa] を有効数字 2 桁で答えなさい。

IV

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 14】

化学反応の反応速度は、単位時間あたりに減少する反応物の濃度、または増加する生成物の濃度によって表される。化学反応が起こるためには、粒子どうしが衝突する必要があるが、このとき **ア** 状態とよばれるエネルギーの高い不安定な状態を経る必要がある。

ア 状態にするために必要な最小のエネルギーを **イ** という。

メタノールは工業的に一酸化炭素と水素を反応させて合成される。このときの反応式は次の(i)式によって表される。



正反応と逆反応の反応速度をそれぞれ v_1 , v_2 , 反応速度定数を k_1 , k_2 とおくと、正反応と逆反応の反応速度は次のように表される。

$$\begin{aligned} v_1 &= k_1[\text{CO}][\text{H}_2]^2 \\ v_2 &= k_2[\text{CH}_3\text{OH}] \end{aligned}$$

正反応と逆反応の反応速度がそれぞれ等しくなると、見かけ上反応が止まったように見える。これを化学平衡の状態といい、このときの平衡定数 K は次のように表される。

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2}$$

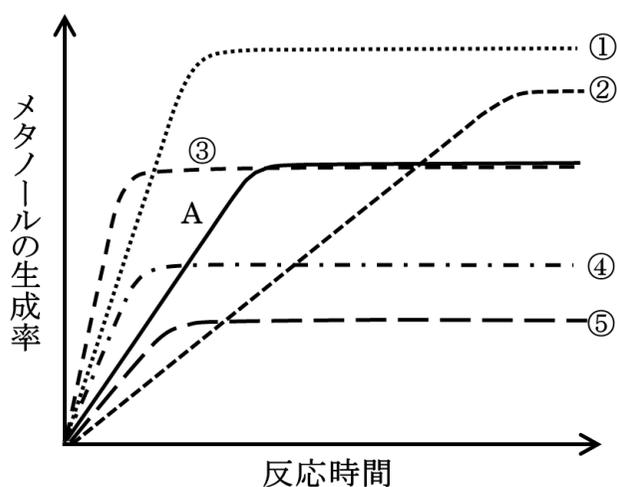
以上のことから平衡定数 K と k_1 , k_2 は次の関係が成り立つ。

$$K = \text{ウ}$$

問1 , に適切な語句を入れなさい。

問2 に適切な式を入れなさい。

問3 (i)式の正反応は発熱反応である。ある温度 T [K] における反応時間とメタノールの生成率との関係は、下の図の曲線 A で表される。これに関する次の (1), (2) に答えなさい。



(1) T [K] より高い温度で(i)式の反応を行った場合、メタノールの生成率と反応時間の関係を表す曲線として適切なものを、図中①～⑤から1つ選び、番号で答えなさい。

(2) T [K] で触媒を加えて(i)式の反応を行った場合、メタノールの生成率と反応時間の関係を表す曲線として適切なものを、図中①～⑤から1つ選び、番号で答えなさい。

問4 次の操作に関する(1), (2)に答えなさい。

一酸化炭素 1.00 mol と水素 2.00 mol を容積 2.00 L の密閉容器に入れたのち、ある温度 T_1 [K] に保つとメタノールが 0.500 mol 生じた。

(1) T_1 [K] における平衡定数 K を、単位を付して有効数字 2 桁で求めなさい。

(2) 一酸化炭素, 水素, メタノールの分圧をそれぞれ p_{CO} , p_{H_2} , $p_{\text{CH}_3\text{OH}}$ とおくと, 圧平衡定数 K_p は分圧を用いて次のように表すことができる。 K_p を K , T_1 および気体定数 R を用いて表しなさい。

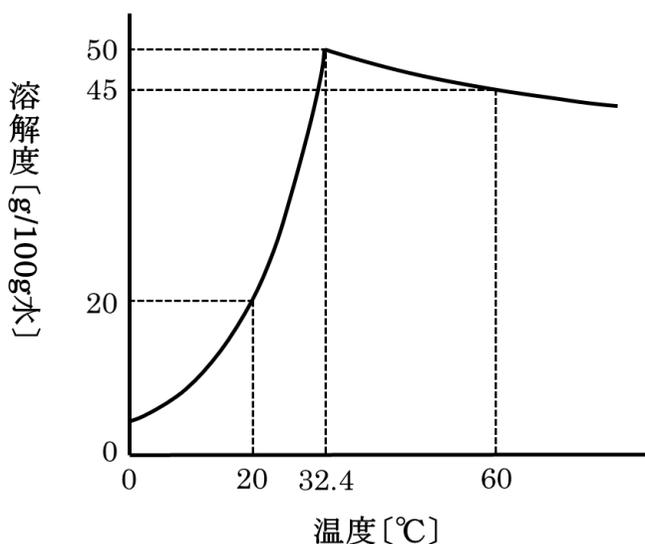
$$K_p = \frac{p_{\text{CH}_3\text{OH}}}{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{H}_2}^2}$$

V

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、硫酸ナトリウムと水のモル質量はそれぞれ 142 g/mol, 18.0 g/mol とする。【配点 13】

液体に他の物質が溶けて均一な液体になることを溶解という。水やベンゼンのように他の物質を溶かす物質を溶媒、溶媒に溶かされる物質を溶質という。溶媒に溶ける溶質の種類や量は、溶媒と溶質の性質によって決まる。

ある温度で一定量の溶媒に溶ける溶質の最大量を溶解度という。固体の溶解度は、溶媒 100 g に溶ける溶質の質量 [g] で表すことが多い。水和物の場合、溶解度は無水塩の質量で表す。一般に固体の溶解度は温度が高くなるにつれて大きくなるものが多いが、温度の上昇に伴って溶解度が小さくなる物質もある。下図は硫酸ナトリウムの水に対する溶解度曲線である。硫酸ナトリウムは 32.4℃までは温度上昇に伴って溶解度は大きくなるが、それ以上の温度になると溶解度は小さくなる。



問1 下線部について，(1)，(2)に答えなさい。

(1) 水にはよく溶けるが，ヘキサンには溶けにくい物質を，下の①～⑤から2つ選び，番号で答えなさい。

(2) 水にはほとんど溶けないが，ヘキサンにはよく溶ける物質を，下の①～⑤から2つ選び，番号で答えなさい。

- ① 硫酸カルシウム ② ヨウ素 ③ 硝酸カリウム
④ 塩化ナトリウム ⑤ ナフタレン

問2 温度による溶解度の変化を利用して物質を精製する操作方法の名称を答えなさい。

問3 60℃の硫酸ナトリウム飽和水溶液に関する次の(1)～(3)に答えなさい。

(1) 60℃の硫酸ナトリウム飽和水溶液の質量パーセント濃度 [%] を有効数字2桁で答えなさい。

(2) 60℃の飽和水溶液 145 g を加熱して水を蒸発させ，再び 60℃に保つと硫酸ナトリウム無水塩 Na_2SO_4 が 9.0 g 析出した。蒸発させた水の質量 [g] を整数値で答えなさい。

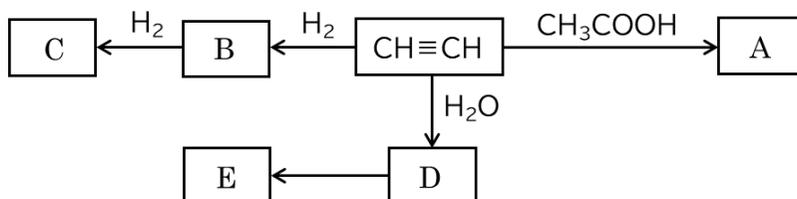
(3) 60℃の飽和水溶液 145 g を 20℃まで冷却すると，硫酸ナトリウム十水和物 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ が析出した。析出した硫酸ナトリウム十水和物の質量 [g] を整数値で答えなさい。

VI

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 13】

炭素原子間に三重結合を一つもつ鎖式不飽和炭化水素をアルキンという。最も簡単なアルキンはアセチレンで、工業的にはナフサの熱分解やメタンから合成される。実験室では、炭化カルシウムに水を作用させて発生させる。アセチレンは反応性に富み、特に **ア** 反応を起こしやすい。

下の図はアセチレン一分子に、**ア** 反応によって触媒とともに矢印の上の物質をそれぞれ一分子反応させたときに得られる化合物をまとめたものである。



問1 下線部の化学反応式を書きなさい。

問2 **ア** に適切な語句を①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① 付加 ② 縮合 ③ 置換 ④ 脱離

問3 アセチレン，化合物 B および C に関する次の文①～⑤から，正しいものを1つ選び，番号で答えなさい。

- ① C はすべての原子が同一直線上に位置している。
- ② エタノールに濃硫酸を加えて 130～140℃に加熱すると，2つのエタノール分子間での脱水反応が起こり，B が得られる。
- ③ B は硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を脱色する。
- ④ いずれの化合物も，不斉炭素原子をもつ。
- ⑤ いずれの化合物も，臭素水に通じると溶液の赤褐色を脱色する。

問4 アセチレンと水を触媒とともに反応させると，不安定な化合物 D を経て E が生じる。E に関する次の文①～⑤から，正しいものを2つ選び，番号で答えなさい。

- ① ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると，黄色の沈殿を生じる。
- ② メタノールの酸化によって得られる。
- ③ 芳香性をもつ有機溶媒として用いられ，除光液にも利用されている。
- ④ 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると，気体を生じる。
- ⑤ フェーリング液を加えて温めると，赤色の沈殿を生じる。

問5 化合物 A，E の構造式をそれぞれ例にならって書きなさい。

