

## 前期日程

令和6年度入学試験問題（前期日程）

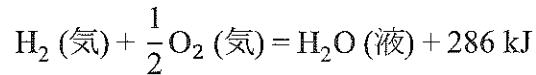
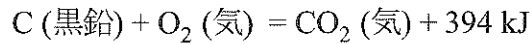
## 化 学

（理 工 学 部）

## —— 解答上の注意事項 ——

1. 「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は全部で7ページあります。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 解答紙4枚と計算紙1枚は、糊付けされています。「解答始め」の合図があったら、初めにすべての用紙を丁寧に切り離しなさい。上手に切り離せない場合や誤って破いてしまった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
4. 問題は①から④まで4問あります。解答は、必ず解答紙の指定された箇所に記入しなさい。
5. 計算問題においては、計算式も記述しなさい。
6. 計算問題を解答する場合には、有効数字に注意し、必要があれば四捨五入しなさい。
7. 解答しない問題がある場合でも、解答紙4枚すべてを提出しなさい。
8. 試験終了後、問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

1 以下の問いに答えなさい。ただし、計算においては、計算過程も書き、整数値で答えなさい。必要であれば、次の熱化学方程式を用いなさい。また、反応熱は  $25^{\circ}\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  における値とする。



- (1) エチレン  $\text{C}_2\text{H}_4$  (気) の燃焼熱は  $1411 \text{ kJ/mol}$  である。 $\text{C}_2\text{H}_4$  (気) の燃焼反応を熱化学方程式で示しなさい。
- (2) C (黒鉛) の燃焼反応は、発熱反応と吸熱反応のどちらか答えなさい。
- (3) 与えられた反応熱を用いて、 $\text{C}_2\text{H}_4$  (気) の生成熱を答えなさい。
- (4)  $\text{C}_2\text{H}_4$  (気)  $1 \text{ mol}$  中の結合をすべて切断して C 原子  $2 \text{ mol}$  と H 原子  $4 \text{ mol}$  にするのに必要なエネルギーを答えなさい。ただし、 $\text{H}_2$  (気) の結合エネルギーと C (黒鉛) の昇華熱をそれぞれ  $436 \text{ kJ/mol}$  と  $718 \text{ kJ/mol}$  とする。
- (5) C-H 結合の結合エネルギーを  $385 \text{ kJ/mol}$  として、 $\text{C}_2\text{H}_4$  (気) における C=C 二重結合の結合エネルギーを答えなさい。
- (6) エタンの C-C 単結合の結合エネルギーは  $366 \text{ kJ/mol}$  である。C-C 単結合と C=C 二重結合では、どちらの結合エネルギーが大きいのか答えなさい。また、単結合と二重結合の違いを“共有電子対”という用語を用いて 50 字以内で説明しなさい。

2 窒素とリンの単体とそれらの化合物に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

窒素とリンは周期表の  族に属する典型元素であり、いずれの原子も価電子を  個もつ。窒素やリンは、金属元素とイオン結合をつくりにくい、非金属元素と  結合をつくる。

単体の窒素は、 色、無臭の気体であり、常温で反応性に①(富んでいる・とぼしい)。窒素を含む代表的な化合物としてアンモニアがある。アンモニアは、 色、刺激臭のある気体で、空気より②(軽い・重い)。実験室では、③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、④(水上・上方・下方)置換で捕集する。このとき、 をつけたガラス棒を近づけ、塩化アンモニウムの白煙が生じることで、アンモニアの発生を確認することができる。工業的には、 法により、四酸化三鉄から得られる鉄を主な触媒として、⑤窒素と水素から直接合成される。

リンの単体には、 リンや  リンなどの、 体が存在する。 リンは精製すると白色になるので、 リンとも呼ばれる。 リンは毒性が低く、マッチの摩擦面に利用される。⑥リンを空气中で燃やすと、白色の十酸化四リンが得られる。十酸化四リンは強い  性をもつため、強力な乾燥剤として使用される。⑦十酸化四リンに水を加えて熱すると、リン酸が得られる。

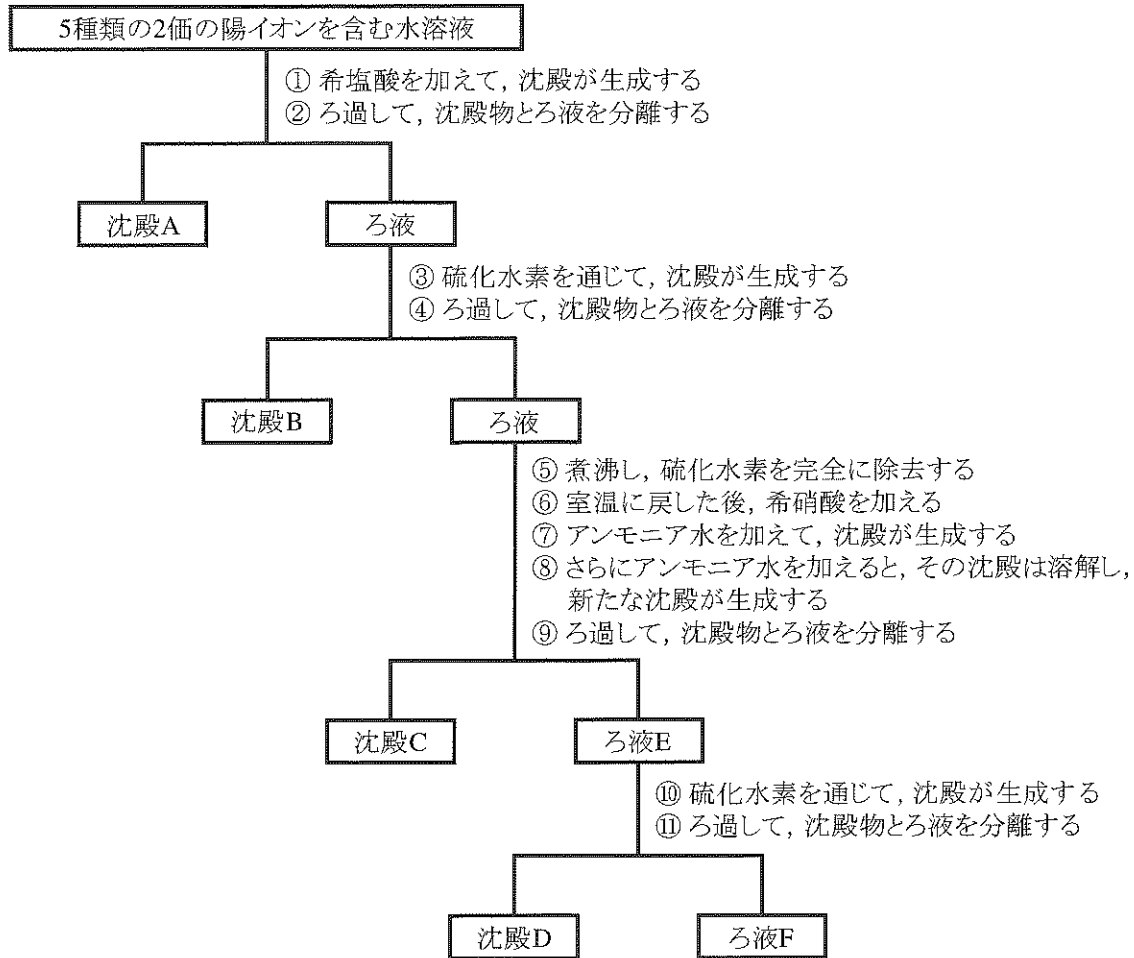
- (1) 上記の文章中の  ~  にあてはまる適切な語句、数値、化学式を答えなさい。
- (2) 下線部①および②について、括弧内の語句のうち正しいものを答えなさい。
- (3) 下線部③の化学反応式を書きなさい。
- (4) 下線部④について、括弧内の語句のうち正しいものを答えなさい。

(5) 下線部⑤の化学反応式を書きなさい。

(6) 下線部⑥の化学反応式を書きなさい。

(7) 下線部⑦の化学反応式を書きなさい。

3 下図は、鉄、銅、亜鉛、バリウム、鉛の5種類の2価の陽イオンを含む中性の水溶液から、操作①～⑪によって、各陽イオンを分離する手順である。化学反応によって、陽イオンのいずれか1種類が沈殿し、ろ過によって水溶液からその陽イオンは完全に除去されると仮定して、以下の問いに答えなさい。ただし、計算においては、計算過程も書きなさい。



(1) 沈殿A, B, C, Dのそれぞれについて、化学式と色を答えなさい。

(2) 硫化水素は水に溶けると、2段階で電離する。この2つの電離平衡を書きなさい。

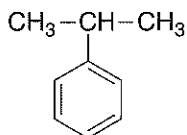
(3) 1種類の2価の陽イオン(0.10 mol/L)を含む水溶液を新たに調製し、その水溶液に硫化水素を通じ、沈殿Bが生成したとする。このとき、沈殿Bが沈殿し始める硫化水素のモル濃度を有効数字2桁で答えなさい。ただし、温度25°Cにおける硫化水素の1段目の電離

定数 $K_1$ は $9.5 \times 10^{-8}$  mol/L, 2段目の電離定数 $K_2$ は $1.3 \times 10^{-14}$  mol/Lとし, 沈殿Bの溶解度積は $6.5 \times 10^{-30}$  (mol/L)<sup>2</sup>とする。また, この操作の間, pHは1.0, 温度は25°C, 体積は一定に保たれるとする。

- (4) 操作⑥において, 希硝酸は酸化剤の役割をもつ。操作⑥で起こる酸化反応を電子 $e^-$ を含むイオン反応式で書きなさい。
- (5) 沈殿Dの溶解度積は沈殿Bの溶解度積より大きいか, 小さいか答えなさい。
- (6) 操作⑦の沈殿を生成した陽イオンについて, ろ液Eに含まれる錯イオンの(i)配位子と(ii)配位数を答えなさい。また, (iii)この錯イオンの形として最も適切なものを a ~d から選びなさい。  
a. 直線形    b. 正方形    c. 正四面体形    d. 正八面体形
- (7) ろ液Fの少量を白金線につけて, バーナーの外炎に入れると, 何色の炎色反応を示すか答えなさい。ただし, 陰イオンに含まれる元素は炎色反応を示さないとする。

- 4 4本の試験管にヘキサン、エタノール、ジエチルエーテル、および酢酸がそれぞれ3分の1程度入っている。下記の問題に答えなさい。なお、構造式は例にならって示しなさい。ただし、計算においては、計算過程を示し、有効数字2桁で示しなさい。

(構造式の例)



- (1) 試験管に入っている化合物と同じ体積の水をそれぞれの試験管に加えた。水と互によく溶け合う化合物をすべて構造式で示しなさい。
- (2) ヘキサンの分子式(C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>)には構造異性体が存在する。すべての構造異性体を構造式で示しなさい。
- (3) 下記の表に示すように、エタノールはヘキサンやジエチルエーテルよりも分子量が小さいにもかかわらず、沸点が高い。その理由を30字以内で説明しなさい。

表 化合物の分子量と沸点

化合物	分子量	沸点(°C)
エタノール	46	78
ヘキサン	86	69
ジエチルエーテル	74	34

- (4) エタノール 1.0 mol と酢酸 1.0 mol を混ぜた溶液に少量の濃硫酸を加えて加熱すると、酢酸エチルと水が生成する。この反応の化学反応式を書きなさい。
- (5) 前問 (4) の反応は可逆反応であり、ある温度の平衡定数は9.0である。この温度において、何モルの酢酸エチルが生成するか求めなさい。
- (6) 酢酸はベンゼンなどの無極性有機溶媒中では会合して二量体を形成する。その構造を示しなさい。