# 群馬大学

2026 年度　前期日程　化学

（2 科目　120 分）

問題を解くにあたって、必要ならば次の値を用いよ。

原子量　Ag = 108　Ar = 40　Ba = 137　C = 12
Ca = 40　Cd = 112　Cl = 35.5　Fe = 56
H = 1.0　K = 39　Mn = 55　N = 14
Na = 23　O = 16　Pb = 207　S = 32
Zn = 65

理想気体のモル体積　22.4 L/mol（0 ℃、$1.013 \times 10^5$ Pa）

気体定数　$8.31 \times 10^3$ Pa·L/(mol·K)

アボガドロ定数　$6.02 \times 10^{23}$ /mol

ファラデー定数　$9.65 \times 10^4$ C/mol

**1**

(1) 次の文章を読んで、問 1〜問 3 の答を解答欄に記入せよ。

物質に化学変化がおこると、化学変化の前後で物質がもつ化学エネルギーの大きさが変化し、その化学エネルギー差がおもに熱の出入りとして現れる。一定圧力下で化学反応に伴って放出・吸収される熱量を反応エンタルピーという。物質の化学変化によってエンタルピーが元の状態よりも低くなる反応では、熱が［　ア　］される。このような反応を［　イ　］という。

問 1　空欄［　ア　］と［　イ　］に当てはまる適切な語句の組み合わせを以下の①〜④から 1 つ選び、その番号を記せ。

| | ア | イ |
|---|---|---|
| ① | 放出 | 発熱反応 |
| ② | 放出 | 吸熱反応 |
| ③ | 吸収 | 発熱反応 |
| ④ | 吸収 | 吸熱反応 |

問 2　次のエンタルピー変化 $\Delta H$ を表した図 1 を用いて、以下の問に答えよ。

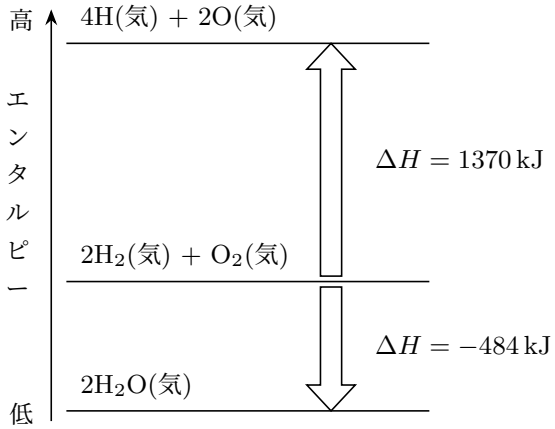



図 1

1)　$O_2$(気) の O=O の結合エネルギーを 498 kJ/mol として、$H_2$(気) の H−H の結合エネルギー〔kJ/mol〕を求め、有効数字 3 桁で答えよ。

2)　$H_2O$(気) の O−H の結合エネルギー〔kJ/mol〕を求め、有効数字 3 桁で答えよ。

問 3　燃焼反応に関する次の問に答えよ。ただし、二酸化炭素 $CO_2$(気)、水 $H_2O$(液) の生成エンタルピーは、それぞれ −394 kJ/mol、−286 kJ/mol であり、メタン (気)、プロパン (気) の燃焼エンタルピーは、それぞれ −891 kJ/mol、−2219 kJ/mol である。また、これらの燃焼反応で生成する水は液体とする。

1)　プロパンを完全燃焼させたときの化学反応式を記せ。ただし、化学式に物質の状態を付記しなくてよい。

2)　プロパン (気) の生成エンタルピー〔kJ/mol〕を求め、有効数字 3 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

3)　プロパン (気) とメタン (気) をそれぞれ完全燃焼させ、同じ熱量が発生するとき、プロパン (気) から発生する $CO_2$ の物質量はメタン (気) から発生する $CO_2$ の物質量の何倍かを求め、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

(2)　次の文章を読んで、問 1〜問 3 の答を解答欄に記入せよ。

水素と窒素からアンモニアが生成する可逆反応は式 (1) で示され、アンモニアの生成は発熱反応である。

$$N_2(気) + 3H_2(気) \rightleftharpoons 2NH_3(気) \qquad (1)$$

問 1　式 (1) の濃度平衡定数 $K_c$ を窒素、水素およびアンモニアのモル濃度 $[N_2]$、$[H_2]$、$[NH_3]$ を用いて記せ。

問 2　窒素 3.0 mol と水素 9.0 mol を容積 9.0 L の反応容器に入れて密閉し、ある温度に保ったところ、式 (1) の反応が平衡状態に達した。次の問に答えよ。

1)　平衡状態におけるアンモニアの物質量を $a$〔mol〕としたとき、次の表 1 の空欄①〜③に当てはまる数式を $a$ を用いて記せ。

表 1　反応開始前および平衡状態における各物質の物質量

| | $N_2$〔mol〕 | $H_2$〔mol〕 | $NH_3$〔mol〕 | 気体分子の合計〔mol〕 |
|---|---|---|---|---|
| 反応開始前 | 3.0 | 9.0 | 0 | 12.0 |
| 平衡状態 | ① | ② | $a$ | ③ |

2)　平衡状態に達したときのアンモニアの物質量百分率が 50% であるとき、アンモニアの物質量 $a$〔mol〕と濃度平衡定数 $K_c$〔$(mol/L)^{-2}$〕を求め、それぞれ有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 3　容積が自由に変化できる反応容器に水素と窒素を注入して密閉し、式 (1) で示した反応が平衡に達しているところに、次の①〜⑤に示すように、様々な操作を行い、平衡がどちらに移動するか調べた。①〜⑤の記述のうち、正しいものをすべて選び、その番号を記せ。

①　混合気体の全圧を一定にして、温度を高くしたところ、化学平衡は移動しなかった。

②　混合気体の温度を一定にして、体積を半分にしたところ、化学平衡が右へ移動した。

③　混合気体の温度と体積を一定にして、水素を注入したところ、$K_c$ の値が大きくなって化学平衡が右へ移動した。

④　混合気体の温度と体積を一定にして、反応には無関係な気体のアルゴンを注入したところ、化学平衡が右へ移動した。

⑤　混合気体の温度と全圧を一定にして、反応には無関係な気体のアルゴンを注入したところ、化学平衡が左に移動した。

**2**

(1) $Ag^+$、$K^+$、$Ba^{2+}$、$Cd^{2+}$、$Pb^{2+}$、$Zn^{2+}$、$Fe^{3+}$ を含む混合水溶液がある。次の図 1 に示す操作を行い、これらの金属イオンを分離した。問 1〜問 4 の答を解答欄に記入せよ。

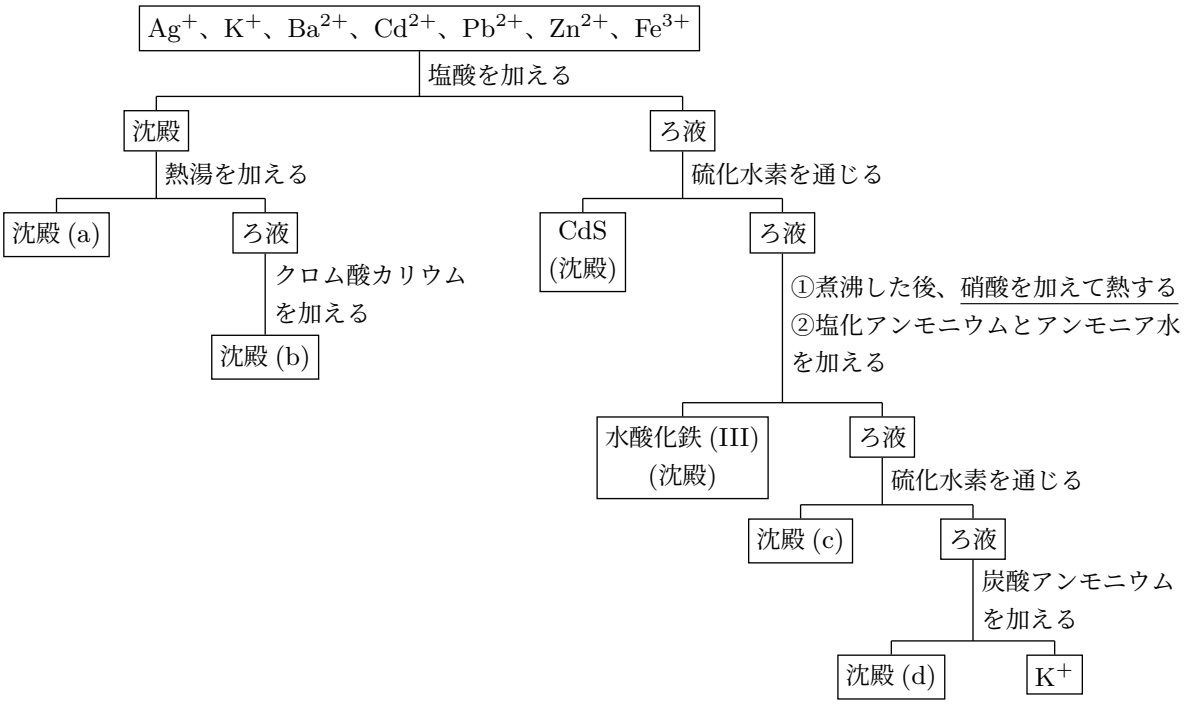



図 1

問 1　図 1 中の沈殿 (a)〜(d) の化学式を記せ。

問 2　沈殿 (a) に過剰量のアンモニア水を加えると沈殿が溶け、無色溶液が得られた。この反応の化学反応式を記せ。

問 3　図 1 中の①において、下線部の操作を行うのはなぜか。理由を簡潔に記せ。

問 4　0.010 mol/L の $Cd^{2+}$ を含む水溶液に十分な量の硫化水素を通じたところ、水溶液に含まれていた $Cd^{2+}$ のほとんどが硫化物として沈殿した。沈殿生成後の水溶液の pH は 2.0 であり、水溶液に溶解している硫化水素のモル濃度は 0.10 mol/L であった。ただし、硫化水素は水溶液中

で以下の電離平衡に達しており、その電離定数 $K_a$ は $1.2 \times 10^{-21}\,(\mathrm{mol/L})^2$ であるとする。

$$H_2S \rightleftharpoons 2\,H^+ + S^{2-}$$

1) 沈殿生成後の水溶液中の硫化物イオンのモル濃度〔mol/L〕を求め、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

2) 沈殿生成後の水溶液中の $Cd^{2+}$ のモル濃度〔mol/L〕を求め、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、CdS の溶解度積 $K_{sp}$ は $5.0 \times 10^{-28}\,(\mathrm{mol/L})^2$ であるとする。

(2) 次の文章を読んで、問 1〜問 4 の答を解答欄に記入せよ。

マンガン Mn の酸化数が +7 の化合物である過マンガン酸カリウム［　ア　］は、水に溶解し赤紫色の過マンガン酸イオンを生じる。過マンガン酸イオンは、一般に酸化剤として働く。特に、a硫酸酸性水溶液中では、過マンガン酸イオンは強い酸化作用を示し、酸化還元反応により $Mn^{2+}$ を生じる。一方、中性や塩基性の水溶液中では、酸化還元反応により Mn の酸化数が +4 の化合物である酸化マンガン［　イ　］を生じる。酸化マンガンは、マンガン乾電池の［　ウ　］極活物質や触媒として用いられる。

問 1　空欄［　ア　］と［　イ　］に当てはまる化学式をそれぞれ記せ。

問 2　空欄［　ウ　］に当てはまる最も適切な語句を漢字で記せ。

問 3　下線部 a における過マンガン酸イオンの還元反応を電子 $e^-$ を含むイオン反応式で記せ。

問 4　$1.5 \times 10^{-2}$ mol/L のシュウ酸 $(COOH)_2$ 水溶液 100 mL に希硫酸を加え温めてから、濃度が不明の過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットで滴下したところ、80.0 mL 加えたところで、過マンガン酸イオンの赤紫色が消えなくなり、二酸化炭素が発生しなくなった。ただし、水溶液中には十分な量の硫酸が溶解しているものとする。

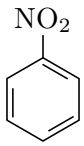
1) 過マンガン酸カリウムとシュウ酸との酸化還元反応の化学反応式を記せ。

2) 過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度〔mol/L〕を求め、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

3) 過マンガン酸カリウムとシュウ酸との酸化還元反応により発生した二酸化炭素の 27 ℃、$1.013 \times 10^5$ Pa における体積〔mL〕を求め、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、二酸化炭素は理想気体であり、水溶液に溶解しないものとする。

**3**

(1) 次の文章を読んで、問 1〜問 5 の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。

(例) 


トルエン、フェノール、安息香酸をジエチルエーテルに溶かした混合溶液がある。この溶液に、図 1 のような分離操作 1 および分離操作 2 を行い、それぞれ 3 種類の化合物を分離した。

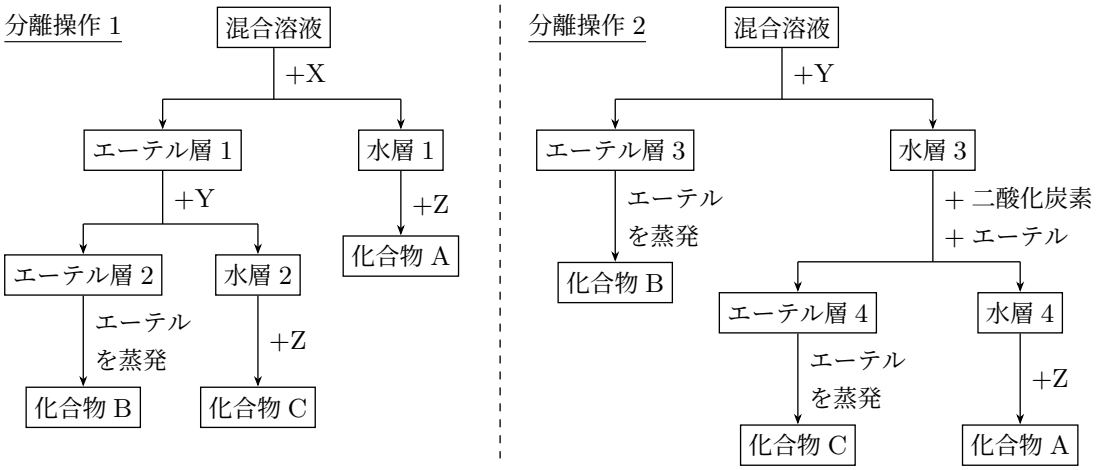



図 1

問 1　図 1 に示す分離操作のように、有機溶媒と水に対する溶解度の差を利用して特定の物質を溶かし出す操作を何というか記せ。

問 2　図 1 中の X〜Z として最も適切な試薬を、次の①〜④からそれぞれ 1 つ選び、その番号を記せ。ただし、同じ番号を複数回選んではならない。

① 水酸化ナトリウム水溶液　　② 塩酸

③ 塩化ナトリウム水溶液　　④ 炭酸水素ナトリウム水溶液

問 3　化合物 A〜C の構造式を記せ。

問 4　化合物 C を検出するための最も適切な試薬を次の①〜③から 1 つ選び、その番号を記せ。

① 塩化鉄 (III) 水溶液

② さらし粉水溶液

③ フェーリング液

問 5　図 1 中の分離操作 2 の水層 3 に二酸化炭素を通じた際に起こる反応の化学反応式を記せ。

(2) 次の文章を読んで、問 1〜問 5 の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。

(例)　$H_2N-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$

分子式が同じで構造が異なる化合物を互いに異性体という。[a]分子式が $C_5H_{12}O$ のアルコールにはさまざまな異性体が存在する。このアルコールに濃硫酸を加えて加熱すると、[b]ヒドロキシ基とそれが結合している炭素原子の隣の炭素原子に結合している水素原子がとれる分子内脱水反応によりアルケンが生じたり、[c]分子間脱水反応によりエーテルが生じたりする。

問 1　下線部 a のアルコールのうち、次の 1)〜3) に当てはまる化合物の構造式を 1 つずつ記せ。

1)　第三級アルコール

2)　第二級アルコールであり、不斉炭素原子をもたない

3)　第一級アルコールであり、不斉炭素原子をもつ

問 2　下線部 a のアルコールのうち、ヨードホルム反応を示す化合物の構造式をすべて記せ。

問 3　下線部 a のアルコールから下線部 b の分子内脱水反応により得られるアルケンのうち、次の 1) と 2) に当てはまる化合物の構造式を、1) については 1 つ、2) については 3 つ記せ。

1)　シス-トランス異性体が存在するもののうち、トランス形のもの

2)　炭素鎖の末端に二重結合 C=C を含むもの (二重結合 C=C の一方の炭素原子に 2 つの水素原子が結合したもの)

問 4　下線部 a のアルコールのうち、下線部 b の分子内脱水反応が起こらない化合物の構造式を記せ。

問 5　下線部 a のアルコール 88 g を下線部 b の分子内脱水反応によりすべてアルケンにしたとき、および下線部 c の分子間脱水反応によりすべてエーテルにしたとき、得られたアルケンおよびエーテルはそれぞれ何 g か求め、整数で答えよ。

**4**

(1) 次の文章を読んで、問 1〜問 5 の答を解答欄に記入せよ。

機能性高分子化合物のひとつであるイオン交換樹脂として、スチレンと少量の *p*-ジビニルベンゼンの［ A ］で得られる樹脂に、$_{a}$スルホ基などの酸性の官能基を導入した陽イオン交換樹脂がある。陽イオン交換樹脂に塩化ナトリウム水溶液を通すと、樹脂中の［ ア ］と水溶液中の［ イ ］が交換されて、流出液として［ ウ ］が得られる。使用後の陽イオン交換樹脂は、［ ウ ］を用いて再生することができる。

問 1　空欄［ A ］に当てはまる、2 種類以上の単量体を混合して行う重合の名称を記せ。

問 2　下線部 a の化学式を次の例にならって記せ。

(例)　$-NO_2$

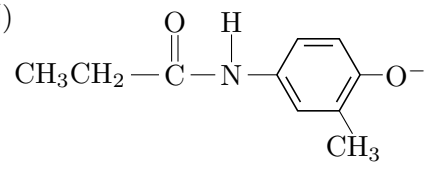
問 3　空欄［ ア ］と［ イ ］に当てはまる化学式、および空欄［ ウ ］に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 4　十分な量の陽イオン交換樹脂に、濃度不明の塩化カルシウム水溶液 20.0 mL を通した後、樹脂を純水で十分に洗った。水洗液もあわせてすべての流出液を集め、0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、中和までに 12.0 mL を要した。使用した塩化カルシウム水溶液の濃度〔mol/L〕を求め、有効数字 3 桁で答えよ。ただし、イオン交換反応は完全に進行するものとする。

問 5　スチレン 10.4 g と *p*-ジビニルベンゼン 1.3 g を完全に重合させて得られた樹脂をスルホン化したところ、16.5 g の陽イオン交換樹脂が得られた。スチレン由来のベンゼン環のみがスルホン化され、ベンゼン環 1 個あたり最大 1 個のスルホ基が導入されるものとすると、スチレン由来のベンゼン環のうちスルホン化されたのは何 % か求め、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

(2) 次の文章を読んで、問 1〜問 4 の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。

(例)



$\alpha$-アミノ酸 (アミノ酸) は、分子内にカルボキシ基とアミノ基をもっている。アミノ酸の多くには不斉炭素原子があるため、立体異性体のうち［　ア　］異性体が存在するが、グリシンには［　ア　］異性体が存在しない。生体のタンパク質を構成するアミノ酸には、側鎖の異なる約 20 種類が存在する。

アミノ酸の水溶液では、陽イオン、双性イオン、陰イオンが平衡状態にあり、[a]これらのイオンの割合は pH によって変化する。アミノ酸の水溶液が特定の pH になると、これらのイオンの電荷の総和が 0 になる。この pH をそのアミノ酸の等電点という。ある pH の緩衝液で湿らせたろ紙の中央に、同じ pH のアミノ酸水溶液を塗布し、ろ紙の両端に電極をつないで直流電圧をかけると、陽イオンと陰イオンは互いに異なる電極側に移動する。[b]このようにイオンが移動する現象を［　イ　］といい、アミノ酸の分離に用いられる。

問 1　空欄［　ア　］と［　イ　］にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 2　アミノ酸の検出に一般に用いられる試薬を次の①～④から 1 つ選び、その番号を記せ。

① ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液

② ニンヒドリン水溶液

③ 水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅 (II) 水溶液

④ アンモニア性硝酸銀水溶液

問 3　下線部 a について、pH 6、pH 13 のグリシンの水溶液中において、最も多く存在するグリシンのイオンの構造式をそれぞれ記せ。ただし、グリシンの等電点は 6 であるとする。

問 4　下線部 b について、pH 6 の緩衝液で湿らせたろ紙の中央にグリシンとアミノ酸 X を含む pH 6 の水溶液を塗布して直流電圧をかけたところ、グリシンはほとんど移動せず、アミノ酸 X は陰極側に引き寄せられた。

1)　アミノ酸 X として最も適切なものを次の①～⑤から 1 つ選び、その番号を記せ。

① グルタミン酸　② システイン　③ チロシン

④ セリン　⑤ リシン

2)　アミノ酸 X が陰極側に引き寄せられた理由を、「側鎖」と「等電点」を用いて 35 字以内で記せ。