

令和 7 年度(2025 年度) B 方式入学試験問題

化 学 (5 問・70 分)

注 意 事 項 1. 解答はすべて解答用紙に書くこと。

2. 解答用紙は次の 2 枚ある。

ピンク色 問題 1 ～ 3

青 色 問題 4, 5

3. 各問題は以下の形式で解答すること。

問題 1, 2 と問題 3 の問 1 マーク形式

問題 3 の問 2 と問題 4, 5 記述形式

4. 問題用紙は持ち帰ること。

解答上の注意

必要なときは、次の数値を用いなさい。

標準状態(0℃, 1.013×10^5 Pa の状態)における理想気体のモル体積: 22.4 L/mol

計算問題における解答は、以下の解答例 1, 2 を参考にマークしなさい。

解答例 1

を 1.6 と答えたいとき, に①, に⑥をマークし, 0.4 と答えたいとき, に⑩, に④をマークする。

解答例 2

を 135 と答えたいとき, に①, に③, に⑤をマークし, 24 と答えたいとき, に⑩, に②, に④をマークする。

問題 1 次の[I]と[II]に答えなさい。

[I] 次の表はそれぞれの結晶の特徴などをまとめたものである。問1～5に答えなさい。

	イオン結晶	共有結合の結晶	分子結晶	金属結晶
結合の種類	(あ)	共有結合	(い)	(う)
構成粒子	陽イオンと陰イオン	(え)	(お)	(か)
物質の例	(き)	(く)	(け)	(こ)
性 質	(さ)	(し)	(す)	(せ)

問 1 (あ)～(う)に当てはまる結合の種類をそれぞれ 1 つ選び、番号をマークしなさい。ただし、同じ番号を何度選んでもよい。

- ① 分子間力 ② イオン結合 ③ 金属結合

問 2 (え)～(か)に当てはまる構成粒子をそれぞれ 1 つ選び、番号をマークしなさい。ただし、同じ番号を何度選んでもよい。

- ① 分 子 ② 原 子 ③ 陽イオンと陰イオン

問 3 (き)～(こ)に当てはまる物質の例をそれぞれ 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① ヨウ素 ② 二酸化ケイ素 ③ 鉄 ④ 水酸化ナトリウム

問 4 (さ)～(せ)に当てはまる性質をそれぞれ 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 電気伝導性があり、展性や延性を示す。
② 化学的に安定で、融点が高く、一般に非常に硬い。
③ 融点が低く、やわらかくてもろい。また、昇華するものもある。
④ 融点が高く、硬いが、外部からの力で割れやすくもろい。また、水溶液は電気伝導性がある。

問 5 イオン結晶に関する次の文章を読み、文章中の(そ)～(ち)に当てはまる適切な語句を語群から選び、番号をマークしなさい。

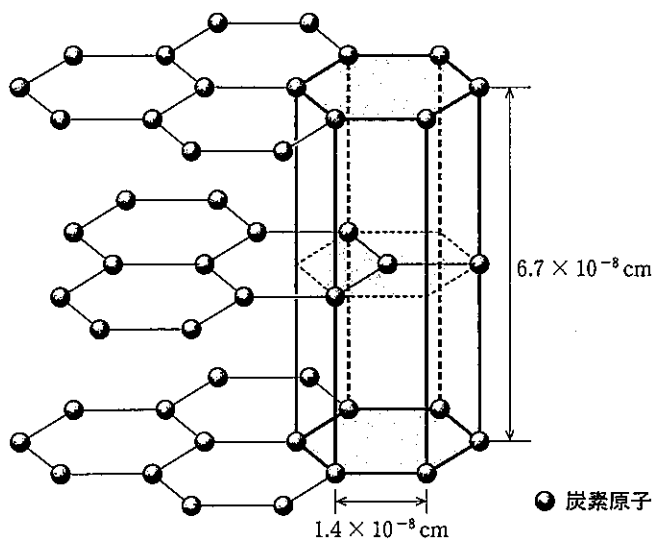
表でまとめた通り、イオン結晶では、陽イオンと陰イオンが静電的な引力で結合し、交互に規則正しく立体的に並んでいる。例えば、ハロゲン化ナトリウム(NaF, NaCl, NaBr, NaI)は、結晶の単位格子中でイオン(陽イオンと陰イオン)の配置がすべて同じになっている結晶構造を有する。これらの融点はNaF > NaCl > NaBr > NaIの順に低くなっている。この理由は、(そ)のイオン半径が大きいほど、異符号のイオンとのイオン間の距離が(た)なり、クーロン力が(ち)なるためである。

【語群】

- ① 陽イオン ② 陰イオン ③ 長く ④ 短く ⑤ 強く ⑥ 弱く

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、問 6 と 7 に答えなさい。

黒鉛 C は別名グラファイトとよばれ、炭素の同素体の 1 つであり、各炭素原子が隣接する 3 個の炭素原子と共有結合を形成して正六角形を基本単位とする平面構造となっている。この平面構造が層状に積み重なっており、黒鉛の結晶は薄くはがれやすく、やわらかい。基本単位の正六角形の位置は、下の図に示した通り、上から見ると一層おきにちょうど上に重なる。



図

問 6 図の太線で示す正六角柱の中に含まれる炭素原子の数はいくつか。適切な数字を選び、番号をマークしなさい。

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

問 7 正六角柱の体積と問 6 で求めた正六角柱の中に含まれる炭素原子の数を元に、黒鉛 C の密度を計算すると、

ア . イ g/cm³ となる。ア . イ に当てはまる数字を、表紙の解答例を参考にマークしなさい。答えは小数第二位を四捨五入して求めること。ただし、炭素 C の原子量は 12、 $\sqrt{3} = 1.73$ とする。

問題 2 次の文章を読み、問 1 ～ 4 に答えなさい。

物質はそれぞれに固有の大きさのエネルギーをもっている。化学反応が起こって物質の原子間の結合が変化するときや、物質の状態が変化するときには、熱の放出や吸収がともなう。

問 1 次の文章の [ア] ～ [タ] に当てはまる数字を、表紙の解答例を参考にマークしなさい。

二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O が炭素、水素、酸素となる過程と、そのとき出入りする熱を図のように示すことができる。表の結合エネルギーの値を利用すると、それぞれ [アイウエ] , [オカキク] , [ケコサシ] , [スセソタ] kJ/mol と求めることができる。

ただし、図中の C, H, O はそれぞれの気体の原子を表し、その他の分子式は気体の分子を表すものとする。

表 結合エネルギー [kJ/mol]
(結合エンタルピー)
(25°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)

C—H	416
O—H	463
O=O	498
C=O	803
H—H	436

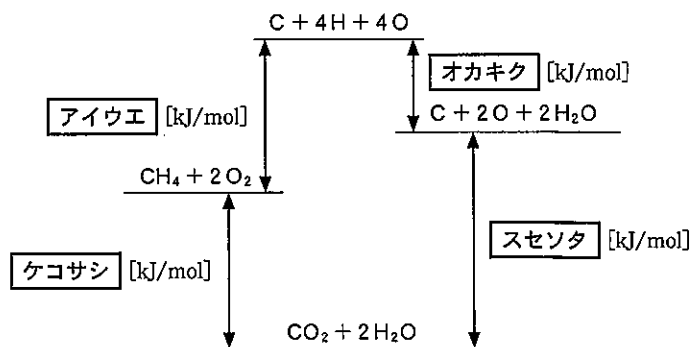
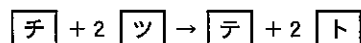


図 エネルギー図

問 2 下の反応式がメタンの完全燃焼を表すように、[チ] ～ [ト] に当てはまるものをそれぞれ選び、番号をマークしなさい。



- ① C ② H ③ O ④ CH_4 ⑤ O_2 ⑥ H_2O ⑦ CO_2

問 3 次の文章の [ナ] ～ [ネ] に当てはまる数字を、表紙の解答例を参考にマークしなさい。

図を利用すると、メタンが完全燃焼するときの発熱量は [ナニヌネ] kJ/mol であることがわかる。

問 4 次の文章の [ノ] ～ [ホ] に当てはまる数字を、表紙の解答例を参考にマークしなさい。答えは小数第 2 位を四捨五入して求めること。ただし、計算するときは表に示した 25°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ のときの結合エネルギーの値を用いること。

0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき、 1.12 L のメタンが完全燃焼するときの発熱量を求めると [ノハヒフヘ] , [ホ] kJ である。

問題 3 次の問 1 と 2 に答えなさい。ただし、問 1 はマーク式解答用紙に、問 2 は裏面の記述式解答用紙に解答すること。

問 1 次の 4 つの炭化水素それぞれについて、該当する記述をすべて選び、番号をマークしなさい。

メタン

エチレン(エテン)

アセチレン

シクロヘキサン

- ① すべての原子が同一平面上にある。
- ② 25℃, 1.013×10^5 Pa では液体である。
- ③ 十分な量の塩素を混ぜて光(紫外線)をあてると、生成物の一つとしてクロロホルムが得られる。
- ④ 臭素水に通すと、臭素分子が消失して溶液が脱色される。
- ⑤ 赤熱した鉄に触れさせると 3 分子が重合し、ベンゼンになる。

問 2 次の文章を読み、(1)～(3)に答えなさい。

ベンゼン(C_6H_6)の水素原子が 1 個だけ置換された一置換体(C_6H_5-X)にさらに置換反応を行う場合、その置換基($-X$)の種類によって、反応性および新たに導入される第 2 の置換基の位置が決まる(図)。このような性質を置換基の配向性という。例えば、 $-X$ がアルキル基やヒドロキシ基である場合は、特にオルト($o-$)位とパラ($p-$)位に置換反応が起こりやすくなる。一方、 $-X$ がニトロ基やカルボキシ基である場合は、相対的にメタ($m-$)位で置換反応が起こりやすくなる。

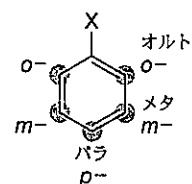


図 トルエン($X = CH_3$)

トルエンを原料として以下の反応 1～4 を行った。

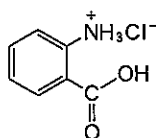
【反応 1】 常温でトルエンに混酸(濃硝酸と濃硫酸の混合物)を作用させると、二置換体の構造異性体である o -ニトロトルエンと化合物 **A** が主に得られた。

【反応 2】 化合物 **A** に濃塩酸とスズを加えて加熱すると化合物 **B** を含む溶液が得られた。この溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、化合物 **C** が遊離した。

【反応 3】 化合物 **C** の希塩酸溶液を氷冷しながら、亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化合物 **D** を含む溶液が得られた。

【反応 4】 化合物 **D** の水溶液の温度を上げると窒素および塩化水素が生じ、化合物 **E** が得られた。

- (1) 化合物 **A**～**E** の構造式を構造式の例にならって書きなさい。
- (2) 化合物 **E** のベンゼン環に直接結合する水素原子の 1 つを塩素原子に置き換えた異なる 2 種類の化合物の構造式を、構造式の例にならって書きなさい。
- (3) 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化するとき、水に不溶の黒色物質が生じる化合物を **A**～**E** からすべて選び、記号を書きなさい。



構造式の例

問題 4 遷移元素に関する以下の文章を読み、問 1～8 に答えなさい。

遷移元素の原子は原子番号が増加しても、内側の電子殻へ電子が配置されるため、最外殻電子の数は 1 個または 2 個のまま変化しない。したがって、典型元素とは異なり、遷移元素では同周期で隣り合う元素の性質が似た性質を示す場合が多い。遷移元素は、この内側の電子殻の電子配置の多様性を反映して、いろいろな酸化数をとるものが多い。クロム Cr やマンガン Mn はそれぞれ第 6 族および第 7 族に属し、特に幅広い酸化数の化合物をつくる。

クロム Cr の酸化物でありクロムの酸化数が(あ)のクロム酸カリウム K_2CrO_4 は黄色の結晶で、水に溶かすとクロム酸イオン CrO_4^{2-} を生じる。黄色の CrO_4^{2-} の水溶液に酸(H^+)を加えると、橙赤色の二クロム酸イオン $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ に変化する。①逆に、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ の水溶液に塩基(OH^-)を加えると、 CrO_4^{2-} に変化する。②二クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ は硫酸酸性水溶液中で強い酸化作用を示し、自身は還元されクロム(Ⅲ)イオン Cr^{3+} を生じる。

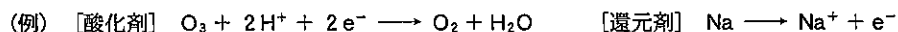
マンガン Mn の酸化物でありマンガンの酸化数が(い)の過マンガン酸カリウム KMnO_4 は光沢のある黒紫色の結晶で、水に溶かすと過マンガン酸イオン MnO_4^- を生じる。 MnO_4^- は硫酸酸性にした水溶液中で強い酸化作用を示し、自身は還元されマンガン(Ⅱ)イオン Mn^{2+} を生じる。③また、 MnO_4^- は塩基性や中性の条件でも酸化作用を示し、自身は還元されマンガンの酸化数が(う)の酸化マンガン MnO_2 を生じる。また、 MnO_2 も酸化作用を示し、自身は還元され Mn^{2+} を生じる。④ MnO_2 に濃塩酸を加えて加熱すると塩素 Cl_2 が発生する。

酸化還元反応では、酸化剤が受け取る電子の数と還元剤が失う電子の数が等しいため、酸化剤と還元剤は一定の物質質量比で過不足なく反応する。したがって、正確な濃度がわかっている還元剤(または酸化剤)と反応させることによって、濃度未知の酸化剤(または還元剤)の濃度を求めることができる。このような操作を酸化還元滴定という。過マンガン酸カリウム KMnO_4 の水溶液は鮮やかな赤紫色であり、反応すると色が消えるため、指示薬を用いずに酸化還元滴定の終点を判断できる。

問 1 文章中の(あ)～(う)に当てはまる酸化数を書きなさい。

問 2 下線部①の反応をイオン反応式で書きなさい。

問 3 酸化還元反応での酸化剤および還元剤の電子の授受は、例に示したように、それぞれ電子 e^- を含むイオン反応式(半反応式)で表すことができる。例に示したように、下線部②の半反応式を書きなさい。



問 4 下線部③の半反応式を書きなさい。

問 5 下線部④の反応を、イオン反応式では省略されているイオンを補い、化学反応式で書きなさい。

問 6 シュウ酸 $(\text{COOH})_2$ は還元作用を示し、自身は酸化され二酸化炭素 CO_2 を生じる。この反応を半反応式で書きなさい。

問 7 硫酸酸性条件下における、過マンガン酸カリウム KMnO_4 とシュウ酸 $(\text{COOH})_2$ との酸化還元反応を、イオン反応式では省略されているイオンを補い、化学反応式で書きなさい。

問 8 濃度が $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のシュウ酸水溶液 10.0 mL に希硫酸を加えて酸性にしてから 70°C 程度まで温めた。この水溶液に、濃度未知の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下した。過マンガン酸カリウム水溶液を 6.25 mL 滴下したところで、過マンガン酸カリウムの赤紫色がかき混ぜても消えなくなり、赤紫色がわずかに残った。この過マンガン酸カリウム水溶液の濃度は何 mol/L か、有効数字 3 桁で答えなさい。

問題 5 次の文章を読み、問 1～5 に答えなさい。

デンプン($C_6H_{10}O_5$)_nは植物が(あ)によって産生する多糖類であり、植物の種子、根、根茎等に蓄積されている。デンプンは冷水に溶けにくい、熱水につけておくと、溶け出してコロイド溶液になる成分 A と、不溶性の成分 B に分けられる。熱水に可溶性成分 A は比較的分子量が小さく(い)とよばれ、(う)の 1 位と(え)位のヒドロキシ基が(お)縮合した直鎖構造をもち、立体的には(か)構造をとっている。この構造は分子内の水素結合によって保持されている。一方、成分 B は比較的分子量が大きく(き)とよばれ、(う)の 1 位と(え)位のヒドロキシ基の(お)縮合に加えて、所々で 1 位と(く)位のヒドロキシ基が(お)縮合した枝分かれ構造を多数もった構造をもつ。デンプンに酵素アミラーゼを作用させると様々な分子量の(け)を生成し、酵素反応が完全に終了するとマルトース^①に加水分解される。このとき、デンプンの水溶液に(こ)溶液を加えると青～青紫色を呈するが、酵素反応が進むにつれて赤褐色、褐色へと変化し、最終的には呈色しなくなる。最終生成物はフェーリング液を還元して(さ)の赤色沈殿を生じる。

問 1 文章中の(あ)～(さ)に当てはまる適切な化合物名、語句または数字を書きなさい。

問 2 下線部①マルトースの構造を下記 1～5 から選び、番号を書きなさい。

問 3 下記の化合物 1～5 のうち、銀鏡反応を示さないものをすべて選び、番号を書きなさい。

問 4 マルトースを希硫酸で加水分解するとグルコースが得られる。さらにこのグルコースをアルコール発酵させるとエタノールが得られる。このときに起こるアルコール発酵の化学反応式を書きなさい。

問 5 下線部②の呈色反応を行うとき、成分 A および B はそれぞれ何色を呈するか答えなさい。

