

後期日程

平成31年度入学試験問題（後期日程）

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9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. 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。
7. 試験終了後、問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

化 学

必要があれば、原子量および定数は以下の値を使いなさい。

H 1.0

C 12

O 16

S 32

Cu 64

気体定数 $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

- 1 典型元素の金属元素とそ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。

周期表の1族に属する水素以外の元素を **ア** という。**ア** の原子は、すべて価電子を **イ** 個もち、**ウ** が大きく、陽イオンになりやすい。そのため、金属単体として天然には存在できないので、工業的に **エ** 電解で製造される。①単体は、空気中では酸化されやすいため、通常は石油中で保管される。 **ア** の元素のひとつである **オ** は、コンピューターや携帯電話などの電池に広く用いられている。

2族元素は全て金属である。カルシウム、ストロンチウムなどの第4周期以下の2族元素は類似した性質を有しており、一般に **カ** とよばれる。一方、②ベリリウムとマグネシウムは、他の2族元素と性質の異なる点が多い。 **カ** の単体は常温で水と反応するが、マグネシウムは常温の水とは反応せず、熱水としか反応しない。生成物である水酸化物の性質にも違いが見られ、**カ** の水酸化物は水に溶けるのに対し、水酸化マグネシウムは水には溶けにくい。水酸化カルシウムの水溶液は **キ** とよばれ、**ク** の検出に用いられる。また、③水酸化カルシウムと塩素の反応では、 **ケ** の主成分である酸化作用を有した化合物が得られる。

13族元素のアルミニウムは、鉱石の **コ** から取り出した純粋な酸化アルミニウムを原料にして、**エ** 電解で製造される。アルミニウム、少量の銅、マグネシウムの合金である **サ** は、軽量で硬度が高く、航空機などに利用されている。硫酸アルミニウムと硫酸カリウムの混合水溶液を濃縮すると、④ミョウバンとよばれる正八面体の結晶が得られる。このような、2種類以上の塩が結合している塩を **シ** という。

- (1) **ア** ~ **シ** にあてはまる適切な語句・数値を答えなさい。
- (2) 下線部①に関連して、ナトリウムと酸素との反応式を示しなさい。また、その反応での生成物を水に溶かしたときの反応式を答えなさい。

- (3) 下線部②に関して、硫酸マグネシウムと硫酸カルシウムの水に対する溶解性の違いを答えなさい。
- (4) 下線部③の反応式を答えなさい。
- (5) 下線部④の化学式を答えなさい。
- (6) ミョウバン水溶液に、以下の溶液をそれぞれ過剰量加えたときに沈殿が生じているものを2つ選び、記号で答えなさい。また、沈殿生成のイオン反応式をそれぞれ答えなさい。

- A 水酸化ナトリウム水溶液
- B アンモニア水
- C 塩化バリウム水溶液
- D 希硫酸

- 2 硫化水素に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。ただし、計算においては計算式も書きなさい。

硫化水素は腐卵臭をもつ無色の有毒な気体であり、①水に少し溶解して2価の酸としてはたらく。水に硫化水素を通じて作製した硫化水素の②飽和溶液の濃度は25°Cにおいて0.10 mol/Lである。③硫化水素は多くの金属イオンと水溶液中で反応して、難溶性の硫化物の沈殿を生じるので金属イオンの分離や検出に用いられる。また、④硫化水素は二酸化硫黄と反応して硫黄を生成する。

- (1) 下線部①の2つの電離平衡の反応式を示しなさい。また、濃度を用いてそれぞれの電離定数を表しなさい。ただし、第1段階と第2段階の電離定数をそれぞれ K_1 と K_2 とする。
- (2) 実際には下線部①の2つの電離平衡反応のうち、第2段階の電離はほとんど起きない。このとき、下線部②の水溶液のpHを求めなさい。ただし、電離定数 K_1 は 1.0×10^{-7} mol/L とする。
- (3) 第2段階の電離まで考慮して、下線部②の硫化水素の飽和溶液における硫化物イオンの濃度を求めなさい。ただし、電離定数 K_2 は 1.0×10^{-14} mol/L とする。
- (4) 下線部③に関連して、硝酸銅(II)水溶液に硫化水素を通じたときに起こる反応をイオン反応式で書きなさい。
- (5) (4)で生じる沈殿物の溶解度積 K_{sp} が25°Cにおいて 6.5×10^{-30} mol²/L² とすると、この温度で硫化水素の飽和溶液に硝酸銅(II)の固体を加えたときに沈殿が生じる際の水溶液中の銅(II)イオンの濃度を求めなさい。
- (6) 下線部④の反応について (a) 酸化反応の半反応式、(b) 還元反応の半反応式

をそれぞれ書き, (c) 全体の反応式を書きなさい。

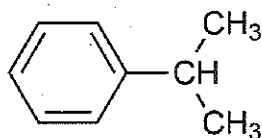
- 3 アルコールの構造決定に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。
なお、構造式は例にならって示しなさい。ただし、計算においては計算式も書きなさい。

炭素、水素、酸素からなるアルコール A が 44.0 mg ある。これを完全燃焼させると、二酸化炭素 110 mg、水 54.0 mg が生成した。別の方法により分子量を測定したところ 88 であった。

アルコール A の構造式を導くために、次の実験を行った。

- (a) アルコール A をヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液の混合物に加えたが、黄色の沈殿は生じなかった。
- (b) 過マンガン酸カリウム水溶液をアルコール A に滴下すると、赤紫色が消えたが、カルボン酸は生成しなかった。

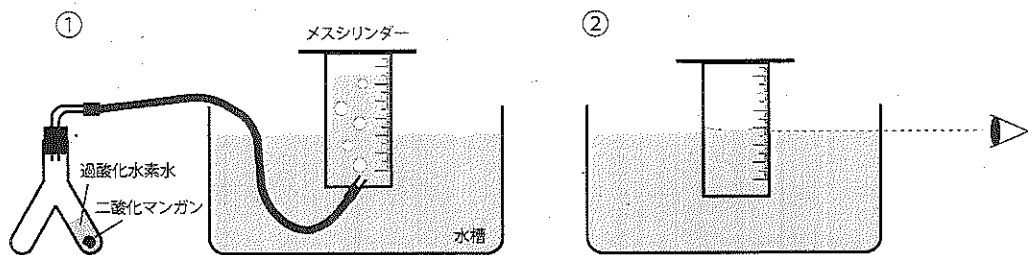
(構造式の例)



- (1) アルコール A 44.0 mg 中の成分元素 C, H, O の質量を求めなさい。
- (2) アルコール A の組成式を求めなさい。
- (3) アルコール A の分子式を求めなさい。
- (4) アルコール A の構造式を書きなさい。
- (5) 下線の反応で生成する化合物の構造式を書きなさい。

- (6) アルコール A と同じ分子式をもつアルコールの中で、過マンガン酸カリウム水溶液を滴下しても、ほとんど赤紫色が消えないアルコールの構造式を書きなさい。
- (7) アルコール A と同じ分子式をもつアルコールの中で、(a) の反応で黄色沈殿を生じるアルコールの構造式をすべて書きなさい。

- 4 図に示すように、① 0.60 mol/L の過酸化水素水 10 mL に二酸化マンガンを入れて、過酸化水素の分解によって生じる気体を水上置換法で捕集した。② 捕集した気体の体積を水槽の水面とメスシリンダー内の水面とを一致させて読み取った。この実験を 27°C、大気圧 1.0×10^5 Pa の下で行ったとき、最初の 2 分間で 20 mL の気体を捕集した。以下の問いに答えなさい。ただし、計算においては計算式も書きなさい。有効数字は 2 桁とする。



- (1) 過酸化水素の分解反応の化学反応式を書きなさい。
- (2) 最初の 2 分間で捕集できた気体のモル数を求めなさい。ただし、27°C での水蒸気圧は 3.6×10^3 Pa である。また、気体の水への溶解は無視できるものとする。
- (3) 最初の 2 分間で起こる過酸化水素の濃度変化の平均速度 [mol/(L·min)] を求めなさい。ただし、分解反応による過酸化水素水の体積変化は無視できるものとする。
- (4) 過酸化水素の分解反応の速度は過酸化水素の濃度に比例すると考えてよい。このとき、
- (a) (3) で求めた過酸化水素の分解の平均速度から反応の速度定数 k [min^{-1}] を求めなさい。
- (b) 得られた速度定数を使って、次の表の空欄を埋めて経過時間が 2 分後以降の過酸化水素の濃度を見積もりなさい。また、この表を用いて過酸化水素の濃度が最初の濃度の半分になる時間 [min] を予測しなさい。

表 経過時間と過酸化水素の濃度と分解速度

経過時間 [min]	0	2	3	4	5	6
濃度 [mol/L]	0.60	ア	イ	ウ	エ	オ
分解速度 $k[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/(L·min)]	—	カ	キ	ク	ケ	コ
濃度が半分になる時間 [min] : $t_{1/2} =$						サ

- (5) 同様の実験を温度 T [K] を変えて行ったとき、速度定数 k [min^{-1}] はどのように変化すると考えられるか。次の(A)~(C)から選択し、その理由を40字以内で答えなさい。

