

理科 試験問題

平成 22 年 3 月 12 日

自 10 時 00 分

至 12 時 30 分

答案作成上の注意

- 1 試験開始の合図があるまでは、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 配布されるのは、この問題冊子 (9 ページ) のほかに、解答用紙 (4 枚) と下書き用紙 (1 枚) です。
- 3 解答用紙には、問題番号 I, II, III, IV が指定してあります。それぞれの問題の解答は、指定した解答用紙に記入すること。
- 4 監督者の指示に従って、すべての解答用紙と下書き用紙の所定の場所に受験番号を記入すること。
- 5 配布した解答用紙および下書き用紙は、持ち出してはいけません。
- 6 下書き用紙は、両面使用してよい。
- 7 計算に必要な場合には、次の値を用いること。

原子量

H = 1.00 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 Zn = 65.4 Ag = 107.9

アボガドロ定数 :  $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$  気体定数 :  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

- 8 計算問題を解答する場合には、有効数字に注意して必要ならば四捨五入すること。

このページは白紙です。

〔I〕 2族元素に関する次の文章を読み、問1～問3の答えを解答欄に記入せよ。

2族元素の中で一番古くから知られていたものは〔あ〕であって、その〔い〕塩が大理石や石灰岩として天然に多量に存在する。大理石を約1000℃に加熱することによって〔う〕をつくることができる。〔う〕は、水とは熱を発生して容易に反応して〔え〕となる。〔え〕は水にわずかに溶解し、その水溶液は、気体である〔お〕の検出にしばしば使われる。すなわち、〔え〕の水溶液に〔お〕を通じることによって〔い〕塩の白濁を生じる。〔あ〕につづいて古くから知られていたものに〔か〕と〔き〕がある。〔か〕は酸化物または炭酸塩として、〔き〕は硫酸塩としてともに天然に存在する。〔か〕は植物に必須の元素であり、軽合金の原料として大量に使われる。〔き〕は水に難溶性の硫酸塩がレントゲン撮影の造影剤としてよく使われている。〔あ〕、〔か〕、〔き〕以外の2族の①3つの元素は、16世紀以降になって知られた元素である。2族の元素の共通の特徴は、イオン化傾向が比較的大きく、②2価の陽イオンになりやすいことである。

問1 文章中の〔あ〕～〔き〕にそれぞれ異なる適切な語句を記せ。

問2 下線部①の元素のうち、2つの元素について元素記号を記せ。

問3 下線部②の理由を原子の電子配置の観点から、80字以内で記せ。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、問 1～問 7 の答えを解答欄に記入せよ。

モル濃度がわからない硝酸銀の水溶液 100.0 mL に、単体の亜鉛 Zn の粉末 10.00 g を加えて穏やかにかきまぜ、①銀イオン  $\text{Ag}^+$  を反応させた。すべての銀イオンが反応したのち、ろ過によって固体をろ液 A と分離した。得られた固体を水で洗浄し、乾燥して重さをはかったところ 11.50 g であった。一方、このろ液 A にアンモニア水を少しずつ加えたところ②沈殿が生じ、さらに③アンモニア水を加えると沈殿は溶けた。

問 1 下線部①の化学反応式を記せ。

問 2 水溶液に銀イオンが含まれている場合、次に示す(a)～(e)のどれか 1 つをその水溶液に加えると、確認することができる。どれがもっとも適切か、記号で答えよ。また銀イオンを含む水溶液に、その試薬を加えるとどのような変化が生じるか、説明せよ。

- (a) 硝酸銀水溶液                      (b) 酢酸水溶液                      (c) 硝酸亜鉛水溶液  
(d) 希硝酸                              (e) 塩化ナトリウム水溶液

問 3 上記の実験の結果から、最初の硝酸銀水溶液のモル濃度(mol/L)を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も記せ。

問 4 最初の硝酸銀水溶液とろ液 A は、それぞれ何色であるか。次に示す(a)～(e)からもっとも適切なものをそれぞれ 1 つ選んで、記号で答えよ。

- (a) 無色      (b) 青色      (c) 赤色      (d) 黄色      (e) 緑色

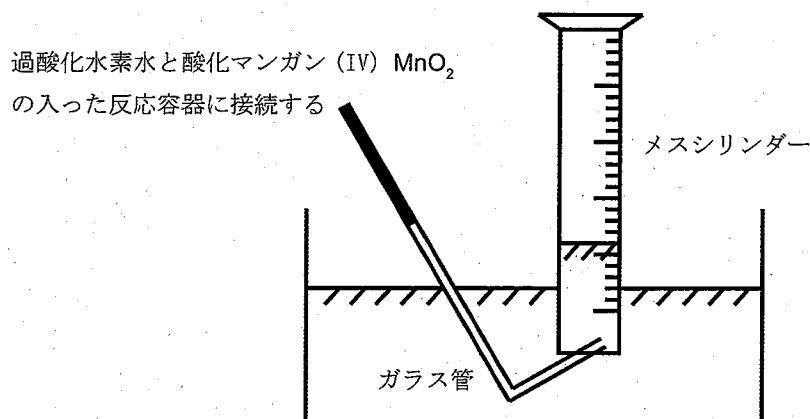
問 5 下線部②の反応の化学反応式を記せ。

問6 下線部③で、なぜ沈殿は溶けたのか、理由を記せ。

問7 下線部②の沈殿をろ過によって取り出し、この沈殿に水酸化ナトリウムの水溶液を加えると沈殿はどうなるか、理由とともに記せ。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、問 1～問 6 の答えを解答欄に記入せよ。

常温において水溶液中の①過酸化水素  $\text{H}_2\text{O}_2$  が水  $\text{H}_2\text{O}$  と酸素  $\text{O}_2$  へ分解する反応は非常にゆっくり進行するが、これに酸化マンガン(IV)  $\text{MnO}_2$  を少量加えることにより、反応を非常に速く進行させることができる。このときに発生する酸素  $\text{O}_2$  の物質量を測定することにより、過酸化水素水の濃度を決定することを試みる。室温  $27^\circ\text{C}$ 、大気圧  $9.96 \times 10^4 \text{ Pa}$  の実験室において、反応容器に入れた過酸化水素水 10.0 mL に酸化マンガン(IV)  $\text{MnO}_2$  を加え、発生した酸素を下図のようなメスシリンダーを用いた水上置換により捕集した。なお、酸化マンガン(IV)  $\text{MnO}_2$  を加えたとき、メスシリンダーは水で完全に満たされており、発生した酸素はすべてメスシリンダーに捕集できるものとする。また、気体の酸素および水蒸気は理想気体であるとし、酸素の水への溶解は無視できるものとする。さらに、反応容器、ガラス管のなかの気体の体積は無視できるものとする。



問 1 過酸化水素の分解反応における酸化マンガン(IV)  $\text{MnO}_2$  のように、反応速度を増加させる物質は触媒と呼ばれる。一般に触媒は化学反応に対してどのようにはたらいて反応速度を増大させているか、「エネルギー」という言葉を用いて説明せよ。

問 2 下線部①の化学反応式を記せ。

問 3 水溶液中のすべての過酸化水素が完全に分解して酸素の発生が停止したことを確認したのち、メスシリンダーの高さを調節して、メスシリンダーの外と中

の水面の高さが同じになるようにした。このとき、メスシリンダー内に捕集した酸素の分圧は何 Pa か答えよ。計算過程も記せ。なお、 $27^{\circ}\text{C}$ における水の飽和蒸気圧は  $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$  であるとする。

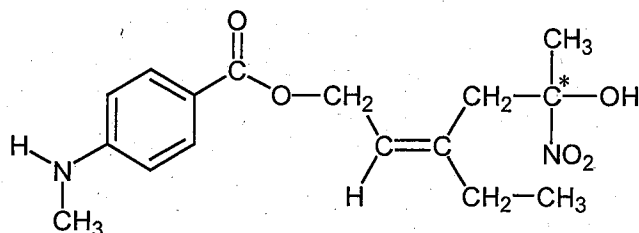
問4 問3のときの水面の位置でのメスシリンダーの読みが  $100 \text{ mL}$  であった。捕集した酸素  $\text{O}_2$  の物質は何 mol か、答えよ。計算過程も記せ。なお、答えの有効数字は2桁とする。

問5 酸化マンガン(IV)  $\text{MnO}_2$  を加える前の過酸化水素水のモル濃度は何 mol/L か、答えよ。計算過程も記せ。なお、答えの有効数字は2桁とする。

問6 問3の状態から、メスシリンダーを上を引き上げ、メスシリンダーの中の水面の高さが外の水面の高さにくらべて  $10 \text{ cm}$  高くなるようにした。このときの、メスシリンダー内に捕集した酸素  $\text{O}_2$  の分圧は何 Pa か、答えよ。計算過程も記せ。なお、水圧は水面から  $1 \text{ cm}$  深くなるごとに  $100 \text{ Pa}$  増加するものとする。

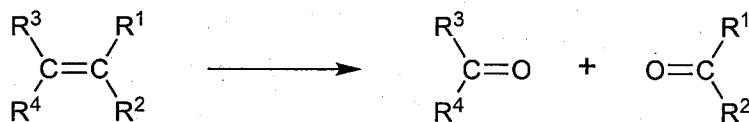
[IV] 次の文章 (1) ~ (7) を読み、化合物 A ~ G の構造式を解答欄に記入せよ。ただし構造式は例 1 にならって記し、不斉炭素原子にはその右肩に \* をつけよ。

(例 1)



また、文章中のオゾン分解とは、例 2 に示すようにオゾン  $O_3$  によってアルケンの二重結合が開裂し、2 つのカルボニル化合物が生じる反応である。この式中で  $R^1 \sim R^4$  はいずれもアルキル基または水素原子である。

(例 2)



- (1) 化合物 A は分子式  $C_6H_{14}O$  で表され、不斉炭素原子を 2 つ含んでいた。化合物 A と硫酸を  $170^\circ C$  で加熱したところ、化合物 B、化合物 C および化合物 D が生成した。これら 3 つの化合物は同一分子量であった。
- (2) 化合物 B と化合物 C は互いに幾何異性体の関係にあり、いずれも不斉炭素原子を含んでいなかった。化合物 B では、同じ置換基が二重結合に対して同じ側に配置しており、化合物 C では、同じ置換基が二重結合に対して反対側に配置していた。
- (3) 化合物 D は不斉炭素原子を 1 つ含んでいた。また、幾何異性体は存在しなかった。
- (4) 化合物 B、化合物 C および化合物 D を白金触媒存在下で水素と反応させたところ、いずれの化合物からも化合物 E が生成した。
- (5) 化合物 B および化合物 C をオゾン分解すると、いずれの化合物からも化合物 F および化合物 G が生成した。



- (6) 化合物Fは不斉炭素原子を含んでいなかった。化合物Fをフェーリング液とともに加熱しても赤色沈殿は見られなかった。また、化合物Fにヨウ素を加え、さらに水酸化ナトリウム水溶液を反応させると、特異臭をもつ黄色沈殿が生じた。
- (7) 化合物Gは不斉炭素原子を含んでいなかった。化合物Gをフェーリング液とともに加熱すると、赤色沈殿が生じた。また、化合物Gにヨウ素を加え、さらに水酸化ナトリウム水溶液を反応させると、特異臭をもつ黄色沈殿が生じた。