

## 平成 28 年度入学試験問題(後期)

# 理 科(化 学)

### 【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 問題冊子は全部で 8 ページある。落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配布している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. ①②③④ の全ての問題に解答すること。
6. 解答用紙の指定された欄に、学部名と受験番号を記入すること。
7. 配布された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配布された問題冊子は、持ち帰ること。

必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

H = 1.00      C = 12.0      O = 16.0      Na = 23.0

Cl = 35.5      Ca = 40.0      Fe = 56.0

気体定数  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

1 炭素、酸素、および水素で構成される化合物 A を用いて、実験 1 から実験 4 を行った。以下の文を読み、各問いに答えよ。

(実験 1) 148 mg の化合物 A を完全燃焼したところ、264 mg の二酸化炭素と 108 mg の水が発生した。

(実験 2) 化合物 A の水溶液は青色リトマス紙を赤く変色させた。

(実験 3) 37.0 mg の化合物 A を純水に溶解させたのち、0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を用いて滴定し、5.00 mL 滴下したところで中和点に達した。

(実験 4) 少量の硫酸存在下、化合物 A をエタノールとともに加熱したところ、化合物 B が生じた。

問 1 化合物 A の組成式を求めよ。計算の過程を示すこと。

問 2 化合物 A の持つ官能基名を答えよ。

問 3 化合物 A の分子量を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字 3 桁で求めよ。

問 4 化合物 A、化合物 B の構造式を示せ。

問 5 実験 3 で用いる適切な指示薬を，以下の(a)から(c)の中から選び，その指示薬が中和点で観察される色の変化を答えよ。

- (a) フェノールフタレイン                      (b) メチルオレンジ  
(c) リトマス

問 6 問 5 で選んだ指示薬が適切である理由，並びにそれ以外の指示薬では不適切な理由をそれぞれ答えよ。

- 2 ヨウ素滴定による銅(II)イオンの定量実験の手順を示す。これについて以下の各問いに答えよ。

まず試料溶液は、以下のようにして調製した。

- A 1) 銅(II)イオンを含む固体試料(主成分は硫酸銅(II)であるが可溶性不純物を含む)を天秤で 2.00 g 量り取った。  
A 2) 純水に溶かして正確に 100 mL の溶液を作った。  
A 3) 上記の溶液から正確に 10 mL を 200 mL ビーカーに取った。  
A 4) このビーカーに純水を加えて、全量を 100 mL にした。  
A 5) A 4) の溶液にヨウ化カリウム KI を約 1 g 加えた。

以上のようにして用意した試料溶液を、0.100 mol/L のチオ硫酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  標準溶液で滴定した。滴定の手順を以下に示す。

- B 1) ビュレットに 0.100 mol/L の  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  標準溶液を入れて、始点を読み取った。  
B 2) 溶液の色が淡黄色になるまで、0.100 mol/L の  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  標準溶液をかき混ぜながら滴下した。  
B 3) デンプン指示薬を 1 mL 加えた。  
B 4) さらに 0.100 mol/L の  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  標準溶液をかき混ぜながら滴下を続け、溶液の色が消失したところを終点とした。

問 1 試料溶液の調製 A 2) において、どのようにして必要な体積の溶液を調製すればよいか。使用する器具の名称を示して簡潔に述べよ。

問 2 試料溶液の調製 A 3) において、どのようにして必要な体積の溶液を取り出せばよいか。使用する器具の名称を示して簡潔に述べよ。

- 問 3 試料溶液の調製A 5において淡青色の溶液の色が消失し、CuI の沈殿が生じて、溶液の色は褐色に変わった。この褐色を示す物質の化学式を書け。
- 問 4 滴定操作B 2において、溶液中では  $S_4O_6^{2-}$  イオンが生成している。この反応の反応式を書け。
- 問 5 滴定操作B 4において、消失する前の溶液の色は何色が答えよ。
- 問 6 滴定操作B 4において、溶液の色が消失するのはなぜか。簡潔に述べよ。
- 問 7 滴定操作B 1, B 4において、ビュレットの液面(メニスカス)付近の様子は図1および図2のようであった。始点および終点の読み取り値はそれぞれいくらか答えよ。なお目盛りの数値の単位は mL である。
- 問 8 A 3 の試料中に含まれていた硫酸銅(II)の物質量を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字3桁で求めよ。

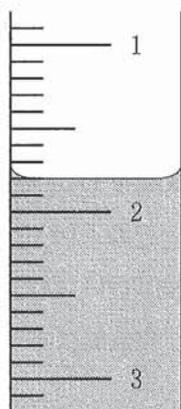


図1 始点の様子

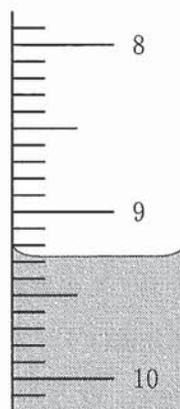


図2 終点の様子

- 3 以下の文章を読み、各問いに答えよ。ただし、計算問題については、計算の過程を示し、答えは有効数字3桁で求めよ。

金属は、〔ア〕や〔イ〕をよく伝える性質や、線状に引きのばしやすい〔ウ〕性や薄く広げやすい〔エ〕性の性質を持つ。金属は酸化されやすい性質を持つため、自然界では酸化物や硫化物の形で存在していることが多い。そのため金属材料として使用するためには、原鉱石を還元する必要がある。現代において一番生産されているのが、鉄である。鉄は、使用量が少ない時代は鉄鉱石を木炭で還元していたが、産業革命以降は大量生産ができるように、石炭から生成したコークスを用いるようになっている。金属材料として使用されている銅も同じように、黄銅鉱などからコークスを用いた還元で粗銅を作り出し、電気を利用した〔オ〕により純度を高めている。

問1 説明文中の〔      〕内のアからオにあてはまる適切な語を入れよ。

問2 下線に関して、まずコークスの燃焼で発生した二酸化炭素を、過剰のコークスによって一酸化炭素に変化させ、その一酸化炭素によって赤鉄鉱(酸化鉄(Ⅲ))を鉄に還元している。この一連の反応を(1)一酸化炭素の生成と(2)酸化鉄(Ⅲ)の還元に分けてそれぞれ化学反応式で示せ。

問3 ある鉄鉱石は赤鉄鉱を80.0%、磁鉄鉱を11.6%含んでいる。この鉄鉱石から9.66kgの純鉄を得るためには、理論上何kgの鉄鉱石が必要となるか。なお、この鉄鉱石は赤鉄鉱と磁鉄鉱以外に鉄および鉄の化合物は含まず、赤鉄鉱はすべて酸化鉄(Ⅲ)であり、磁鉄鉱はすべて四酸化三鉄であるものとする。

問 4 金属は、他の元素と混合させる合金という方法によって、金属単体ではみられない様々な性質を持たせることができる。生活に用いられている以下の合金の一般名を答えよ。

- (1) 銅とスズ
- (2) 銅とニッケル
- (3) 鉄とクロム

問 5 銅を用いた以下の反応を化学反応式で示せ。

- (1) 銅と濃硫酸で刺激臭のある気体 A が発生する。
- (2) 酸化銅(II)に希硫酸を反応させ、濃縮すると青色の結晶が生成する。
- (3) (2)で得られた結晶を溶解させた水溶液に少量のアンモニア水を加える。
- (4) (3)の操作の後に過剰のアンモニア水を加える。

問 6 問 5 の(1)で発生した気体 A を以下の条件で反応させる時の化学反応式を示せ。

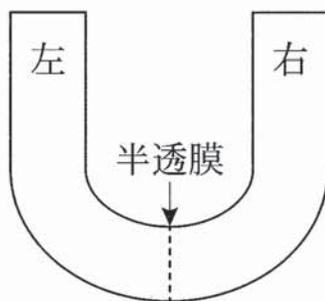
- (1) 硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液との反応
- (2) 硫化鉄(II)と希硫酸との反応で発生する気体との反応

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

細胞膜は半透膜としての性質をもつ。キュウリに塩をつけてもみ、しばらく放置すると、キュウリから水分が出てくる。これは、キュウリの細胞内部の水分(溶媒)が細胞膜を透過し、外側の濃い食塩水(溶液)側に移動したためである。このとき、水分が細胞膜を通過するときの圧力を〔ア〕という。

半透膜で純溶媒と溶液を仕切り、溶液側に〔ア〕以上の圧力を加えて溶媒分子を溶液側から純溶媒側に移動させることによって、溶液から純溶媒を得る方法がある。この方法により、海水から淡水を得ることができる。溶液の〔ア〕を $\Pi$ とすると、モル濃度 $c$ 、絶対温度 $T$ 、定数 $R$ ( $R$ は気体定数と同じ)との間には、関係式〔イ〕が成り立つ。

図のように左右の内径が等しいU字管に半透膜を固定し、以下の実験を行った。



図

(実験1) 水しか通さない半透膜を用いた。U字管の左側には $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ のグルコース水溶液 $2.00 \text{ L}$ を、右側には同体積の純水を入れ、 $27^\circ\text{C}$ でそのまま放置したところ、U字管の〔ウ〕側の液面が下がったのに対し、〔エ〕側の液面は上がり、平衡状態となった。このとき、左右の液面の高さに $h_1$ の差が生じていた。その状態から、U字管にかかる温度を $37^\circ\text{C}$ に上昇させて、その温度で平衡状態となったとき、左右の液面の高さに $h_2$ の差が生じた。

(実験2) 実験1と同じ半透膜を用いた。塩化カルシウム 2.22 g を水に溶かして 2.00 L の水溶液を作り、U字管の左側に入れ、同体積の  $3.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  のグルコース水溶液を U字管の右側に入れてそのまま 27℃ でしばらく放置したところ、左右の液面の高さに差は生じなかった。

(実験3) 海水から純水を製造する半透膜を用いて、27℃ で、U字管の左側には質量パーセント濃度 2.34% の塩化ナトリウム水溶液(密度  $1.00 \text{ g/cm}^3$ )のみで構成されている海水 2.00 L を、右側には同体積の純水を入れた。純水が海水側に移動するのを防ぐため、左側に圧力  $P$  を加えた。

問 1 [        ]内のアからエにあてはまる適切な語または式を入れよ。

問 2 実験1に関して、 $h_2$  は  $h_1$  と比べたら、どうなるか答えよ。さらに、その理由も説明せよ。なお水の蒸発は無視できるものとする。

問 3 実験2に関して、左右の液面の高さに差が生じなかった理由を、数値を用いて詳しく説明せよ。

問 4 実験3に関して、純水が海水側に移動するのを防ぐためには左側に少なくとも何 Pa の圧力  $P$  を加える必要があるか。計算の過程を示し、有効数字 3 桁で求めよ。