

## 令和3年度入学試験問題(前期)

# 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. 本冊子には、**1**から**4**までの4問題が印刷されていて、合計9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. 解答用紙を別に配付している。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. **1****2****3****4**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. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配付された問題冊子は、持ち帰ること。

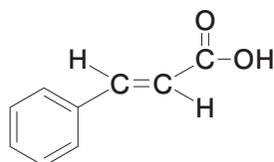
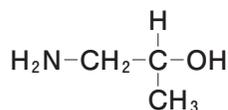
必要があれば，原子量および定数は次の値を使うこと。

なお，構造式は下の例にならって記せ。

H = 1.00    C = 12.0    O = 16.0

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

(例)



1 以下の文章を読み，各問いに答えよ。

化合物A，化合物B，化合物C，化合物Dは，いずれも炭素，水素，酸素からなる分子量の等しいエステルである。これらの化合物について，以下の操作1から操作8を行った。

操作1：それぞれ306 mgの化合物A，化合物B，化合物C，化合物Dを，元素分析装置で完全燃焼させると，どれからも二酸化炭素が660 mg，水が270 mg得られた。

操作2：化合物A 7.14 gを完全に加水分解すると，一価カルボン酸の化合物E 5.18 gと一価アルコールの化合物F 3.22 gが得られた。化合物Eにフェーリング溶液を加えて加熱したが，何も変化は見られなかった。

操作3：化合物Bを加水分解すると，一価カルボン酸の化合物Gと枝分かれした炭素の側鎖をもつ一価アルコールの化合物Hが得られた。化合物Hは脱水反応により，炭化水素の化合物Iを生じた。

操作4：化合物Jは，化合物Hと同じ分子式をもつ一価アルコールである。化合物Jを，濃硫酸性の二クロム酸カリウム水溶液中で加熱したが，酸化反応は起こらなかった。

操作 5 : 化合物 G にアンモニア性硝酸銀溶液を加えて温めると、銀が生じた。

操作 6 : 化合物 C を加水分解すると、一価カルボン酸の化合物 G と一価アルコールの化合物 K が得られた。

操作 7 : 化合物 D を加水分解すると、一価カルボン酸の化合物 L と一価アルコールの化合物 M が得られた。化合物 L は、化合物 F を酸化することにより得られる生成物である。

操作 8 : 化合物 F, 化合物 H, 化合物 J, 化合物 K, 化合物 M のそれぞれに、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、化合物 F, 化合物 K, 化合物 M から黄色の物質が得られた。

問 1 化合物 A の組成式を記せ。計算の過程も示せ。

問 2 化合物 A, 化合物 E, 化合物 F の分子量を求めよ。計算の過程も示せ。

問 3 化合物 A から化合物 M の各構造式を記せ。鏡像異性体(光学異性体)は考慮しなくてよい。

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

次の無機化合物のいずれか一つを溶解させた水溶液 A から D がある。

硫酸アルミニウム，塩化カルシウム，塩化鉄(Ⅲ)，硫酸銅(Ⅱ)

これらの水溶液について、以下の操作 1 から操作 7 を行った。

操作 1 : A に炭酸アンモニウム水溶液を加えると白色沈殿が生じ、この沈殿は希塩酸に溶解した。

操作 2 : B や C に塩化バリウム水溶液を加えると白色沈殿が生じ、これらの沈殿は希塩酸に溶解しなかった。

操作 3 : A や D に硝酸銀水溶液を加えると白色沈殿が生じた。これらの沈殿はアンモニア水に溶解した。

操作 4 : B を酸性にした後に硫化水素を通じると黒色沈殿が生じた。

操作 5 : B に少量のアンモニア水を加えたところ、青白色の沈殿が生じ、さらにアンモニア水を加えていったところ、沈殿が溶解して深青色の水溶液となった。

操作 6 : C や D に水酸化ナトリウム水溶液を少量加えると C では白色の沈殿が、D では赤褐色の沈殿が生じた。さらに水酸化ナトリウム水溶液を加えていくと、C で生じた白色沈殿は溶解した。

操作 7 : D にヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウムの水溶液を加えると濃い青色沈殿が生じた。

問 1 水溶液 A から D に溶解している無機化合物を化学式で答えよ。

問 2 操作 1 における白色沈殿を化学式で答えよ。

問 3 操作 3 において水溶液 A で生じる沈殿の生成反応と溶解反応をイオン反応式で答えよ。

問 4 操作 4 において使用する硫化水素を，実験室で発生させる方法を化学反応式で答えよ。

問 5 操作 5 における沈殿の生成反応と溶解反応をイオン反応式で答えよ。

問 6 操作 6 における白色沈殿の溶解反応をイオン反応式で答えよ。

3 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

図1の装置を用いて反応速度に関する実験を行った。ふたまた試験管の一方に1.5 mol/Lの過酸化水素水10 mL、他方に少量の酸化マンガン(IV)を入れ、誘導管付きのゴム栓をした。27℃の水が入った水槽に、ふたまた試験管を浸し二つの試薬を混合した後、過酸化水素  $\text{H}_2\text{O}_2$  が分解して発生する酸素の体積を読みとった。ただし、この実験を行った部屋の気温は27℃とする。

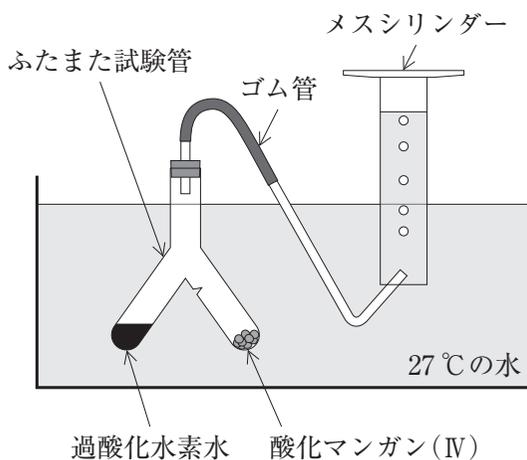


図1

問1 過酸化水素の分解の反応式を記せ。

問2 この実験の反応における酸化マンガン(IV)はどのような作用をする物質か  
答えよ。

問3 このような実験では、一般的にふたまた試験管が利用される。その理由に  
ついて説明せよ。

問 4 反応開始後、48 秒間で 25 mL の気体が発生した。以下の(1)から(3)の問いに答えよ。ただし、27℃での大気圧は  $1.0 \times 10^5$  Pa とし、水の飽和蒸気圧、発生した酸素の水への溶解は無視できるものとする。また、計算の過程を示し、答えは有効数字 2 桁で求めよ。

- (1) 48 秒間で発生した気体がすべて酸素であるとした場合の物質質量 [mol] を求めよ。
- (2) 発生した気体がすべて酸素であるとした場合、48 秒後の過酸化水素水の濃度 [mol/L] を求めよ。ただし、反応の進行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。
- (3) 反応開始直後 (0 秒) から 48 秒後までの過酸化水素の平均の分解反応速度  $v$  [mol/(L·s)] を求めよ。

問 5 通常、水上置換で捕集した気体の体積から物質質量を求める場合には水の飽和蒸気圧を考慮する必要がある。飽和蒸気圧を考慮して計算すると、無視した場合と比べて、目的の物質の物質質量はどのようになるか。「増える」、「減る」、または「変化なし」のいずれかを答え、その理由を説明せよ。

問 6 反応開始後 240 秒以降の 60 秒間ごとの過酸化水素の平均の分解反応速度  $v$  と過酸化水素水の平均の濃度  $c$  を求めると表 1 の結果が得られた。以下の(1)から(3)の問いに答えよ。

表 1

時間 $t$ [s]	平均の分解反応速度 $v$ [mol/(L·s)]	平均の濃度 $c$ [mol/L]
240	$2.10 \times 10^{-3}$	0.700
300	$1.50 \times 10^{-3}$	0.500
360	$1.08 \times 10^{-3}$	0.360
420		

- (1) 縦軸を平均の分解反応速度，横軸を平均の濃度としてグラフを破線(---)で作図せよ。
- (2) 得られたグラフの傾きは何を表すか答えよ。また，この反応の反応速度式を答えよ。
- (3) この反応は反応時の温度が $5^{\circ}\text{C}$ 低下すると，反応速度が $1/2$ 倍になると仮定する。この実験を $17^{\circ}\text{C}$ で行った場合，平均の分解反応速度と平均の濃度の関係を実線(—)で作図せよ。なお，作図は問6(1)の解答欄に行うこと。

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

硫黄は周期表 16 族に属する元素である。その単体には、斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄などの〔ア〕が存在する。硫黄は空気中で点火すると炎をあげて燃え、二酸化硫黄を生じる。二酸化硫黄は硫酸の製造に用いられる。まず、酸化バナジウム(V)を触媒として、二酸化硫黄を酸素と反応させて三酸化硫黄をつくる。これを濃硫酸に吸収させて〔イ〕とし、希硫酸で薄めて濃硫酸にする。この硫酸の工業的製法を〔ウ〕という。硫酸はその性質が濃度や温度によって異なるため、いろいろな化学反応や化合物の合成に利用されている。

問 1 〔 〕内のアからウにあてはまる適切な語を入れよ。

問 2 硫黄原子の原子番号と電子配置を例にならって記せ。

(例)  ${}_6\text{C} : \text{K}2, \text{L}4$

問 3 硫酸は二価の酸であり、水溶液中では次のように二段階で電離する。



第一段階の電離は完全に進み、第二段階の電離定数は、25℃において  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  として、次の(1)および(2)の問いに答えよ。

- (1) 25℃で pH 2.0 の硫酸水溶液のモル濃度はいくらか。計算の過程を示し、答えは有効数字 2 桁で求めよ。
- (2) (1)の硫酸水溶液に少量の硫酸ナトリウムを溶かした水溶液の pH は、もとの硫酸水溶液の pH の値と比較してどのようになるか。「大きくなる」、 「小さくなる」、あるいは「変化しない」のいずれかを答え、その理由を説明せよ。ただし、水溶液の体積は、硫酸ナトリウムを溶かしても変化しないものとする。

問 4 (a)希硫酸, (b)熱濃硫酸のそれぞれに銅片を入れたとき, どのような反応が起こるか, 化学反応式を書け。反応が起こらない場合には, 「反応しない」と記せ。

問 5 以下の物質(A)から(E)における硫黄原子の酸化数を記せ。

- (A) 斜方硫黄      (B) 二酸化硫黄      (C) 硫酸  
(D) 三酸化硫黄      (E) 硫化水素