

受験番号

## 令和7年度学力検査

### 問題冊子

# 理 科

### 注 意 事 項

1. 問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 落丁、乱丁また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ること。
3. 問題冊子の指定欄（1箇所）に、受験番号を正確に記入すること。
4. 問題冊子の余白は、計算などの下書きに使用してもよい。
5. 問題冊子は持ち帰ってはいけません。

計算問題については解法も記し、有効数字3桁で答えよ。

必要があれば次の値を用いよ。ただし、設問中に値が与えられている場合は、設問中の値を用いること。

原子量：H = 1.00 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 Na = 23.0 S = 32.0 Cl = 35.5

Br = 79.9 Ba = 137.0

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

アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

水のイオン積： $K_w = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$

$\ln 2 = 0.693$   $\ln 3 = 1.099$   $\ln 5 = 1.609$

1 下の図は、周期表の一部である。これを参考に、問 (1) ~ (5) に答えよ。(配点 35 点)

- (1) 17 族元素は、別の呼び方で何元素と呼ばれているか記せ。
- (2) 第 2 周期の元素の中で、電気陰性度が最も小さな元素と最も大きな元素、イオン化エネルギーが最も小さな元素と最も大きな元素を、それぞれ元素記号で記せ。

族 \ 周期	1	2	13	14	15	16	17	18
1	H							He
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe

- (3)  $O^{2-}$ ,  $F^-$ ,  $Mg^{2+}$  は全て同じ電子配置をとっている。この電子配置を記せ。また、この中でイオン半径が最も小さいイオンはどれか答え、理由を記せ。
- (4) 次の文章中にある空欄  ~  に入る適切な語句または数値を記せ。  
 塩素の原子量は約 35.5 である。これは質量数 35 の同位体が約 76%,  の数が異なる質量数  の同位体が約 24% 存在しているためである。質量数 35 の塩素は  個の  を持ち、質量数  の塩素は  個の  を持つ。
- (5) 常温・常圧において、17 族元素の単体は沸点・融点の違いにより、フッ素と塩素は気体、臭素は液体、ヨウ素は固体である。この状態の違いを生み出す分子間力の名称とその理由を記せ。

2 以下の文章を読み、問 (1) ~ (4) に答えよ。(配点 45 点)

家庭用消毒薬オキシドールを使って、以下の実験①および②を行った。ただし、反応は完全に進行するものとし、反応過程において生成する化合物と過酸化水素との反応は無視できるものとする。

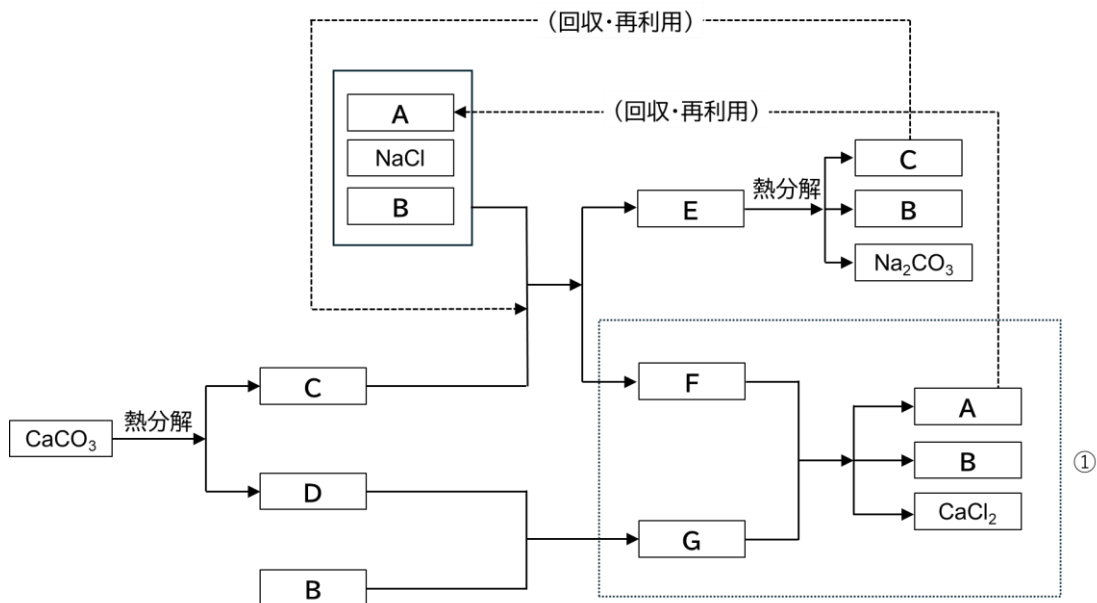
実験① オキシドール 20.0 mL を純水で希釈し、100 mL とした(試料溶液 A)。この溶液 A (10.0 mL) に対し、 $5.00 \times 10^{-2}$  mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を加えたところ、溶液中に褐色の沈殿が生成し、20.0 mL 加えたところでわずかに赤紫色が残る状態となった。

実験② 実験①の試料溶液 A (10.0 mL) に希硫酸を加えて酸性としたのち、 $1.00 \times 10^{-1}$  mol/L ヨウ化カリウム水溶液を加えていくと、ある時点で溶液が褐色になり色が消えなくなった。

- (1) 実験①および②における酸化剤、還元剤をそれぞれ記せ。
- (2) 実験①および②で起きている化学反応を化学反応式で記せ。
- (3) オキシドールに含まれる過酸化水素の濃度 [mol/L] を求めよ。
- (4) 実験②において、溶液の色が消えなくなるときのヨウ化カリウム水溶液の体積 [mL] を求めよ。

3 以下の文章を読み、問 (1) ~ (5) に答えよ。(配点 40 点)

以下の図はアンモニアソーダ法の概略図で、A ~ G は特定の化合物である。

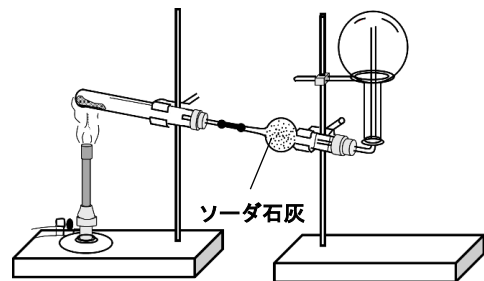


(1) 上図①の反応は A を実験室で合成する反応でもある。その実験装置の図を右下に示した。

B の影響を考慮し、以下の操作 I ~ III を全て行う。

- I 試験管を傾ける
- II ソーダ石灰を用いる
- III 水上置換ではなく上方置換で集める

これらの操作を行う理由をそれぞれ記せ。



(2) フェノール，安息香酸，ベンゼンスルホン酸を別々に溶解させた水溶液がある。これらに図中 E を十分量加えて攪拌した後，ジエチルエーテルを加えて振り混ぜたとき，水層に大部分が残る化合物を全て挙げ，理由とともに記せ。

(3) A ~ G に該当する化学式を記せ。

(4) 以下の用途 i) ~ iii) に最も適したものを，化合物 A ~ G の中から一つ選べ。

- i) 制酸薬    ii) しっくい原料    iii) 肥料

(5)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  の濃い水溶液を静置すると，無色透明結晶が 33.6 g 得られた。これを空气中で乾燥させると白色粉末状になり，14.6 g に減量した。さらに，その白色粉末を約 300 °C に加熱すると，12.5 g の粉末が得られ，この粉末はこれ以上過熱しても質量は変わらなかった。各操作で得られた物質が単一の化合物で構成されるとした場合，各化合物の重量変化を根拠に，これらの化合物が何かを記せ。

4 以下の文章を読み、問 (1) ～ (5) に答えよ。(配点 50 点)

ある濃度の過酸化水素水 10.0 mL に触媒を加え、過酸化水素の分解反応の速さを調べる実験を行った。表は反応開始後の時間と、その時間までに発生した酸素の体積(0 °C, 1.013 × 10<sup>5</sup> Pa での値)との関係を表したものである。時間『∞』における値は十分時間が経過して全ての過酸化水素が分解したときの体積を示している。なお、この実験における水溶液の体積変化、発生した酸素の水溶液への溶解は無視できるものとする。

時間 [min]	0	10	20	30	…	∞
体積 [mL]	0	12.0	22.3	31.1	…	84.0

- (1) この実験で用いた過酸化水素水の初濃度 [mol/L] を求めよ。
- (2) 反応開始後 10, 20, 30 分までに分解した過酸化水素の物質質量 [mol] をそれぞれ求めよ。
- (3) 反応開始から  $t$  分後における過酸化水素濃度を  $C_t$  とすると、 $t = t_1$  から  $t = t_2$  ( $0 \leq t_1 \leq t_2$ ) の間における平均過酸化水素濃度  $\bar{C}_{t_1-t_2}$ 、平均の反応速度  $\bar{v}_{t_1-t_2}$  はそれぞれ次式で表される。

$$\bar{C}_{t_1-t_2} = \frac{(C_{t_2} + C_{t_1})}{2} \quad \bar{v}_{t_1-t_2} = \frac{-(C_{t_2} - C_{t_1})}{t_2 - t_1}$$

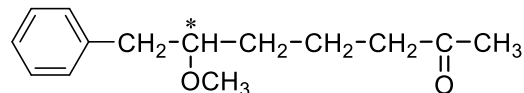
反応開始後 20 ～ 30 分間の過酸化水素の分解反応の平均速度  $\bar{v}_{20-30}$  [mol/(L·min)] を求めよ。

- (4) 過酸化水素の分解速度  $v$  は過酸化水素濃度  $C_t$  に比例しており、 $v = k \cdot C_t$  の関係で表すことができる。反応開始後 20 ～ 30 分間の平均反応速度  $\bar{v}_{20-30}$ 、平均過酸化水素濃度  $\bar{C}_{20-30}$  から過酸化水素の分解反応の速度定数  $k$  を求め、単位とともに記せ。
- (5) この実験において、過酸化水素濃度が初濃度の半分になるまでにかかる時間 [min] を求めよ。

5 以下の文章を読み、問 (1) ~ (6) に答えよ。(配点 75 点)

不斉炭素原子を有する分子式  $C_{16}H_{16}O_2$  の化合物 **A** を用いて① ~ ⑤の実験を行った。構造式を書く場合、右下の「構造式の記入例」にならって記せ。

構造式の記入例



実験① 化合物 **A** 2.00 g にエタノール 20.0 mL を加え、更に 4.00 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 10.0 mL を加えて室温で攪拌した。化合物 **A** が完全に消失したことを確認した後、有機物を分離精製したところ、酸性化合物 **B** および化合物 **C** をそれぞれ 1.07 g, 0.820 g 得た。

実験② 化合物 **B** を過マンガン酸カリウムによって酸化すると化合物 **D** となった。また、化合物 **D** は加熱することで容易に脱水して化合物 **E** を与えた。

実験③ 純水 50.0 g に化合物 **B** 69.0 mg を完全に溶かした溶液の凝固点を測定したところ、 $1.90 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$  の凝固点降下度を示した。一方、トルエン 40.0 g に化合物 **B** 146 mg を完全に溶かした溶液の凝固点降下度は  $7.10 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$  であった。なお、1.00 kg の純水およびトルエンに化合物 **B** 1.00 mol が完全に溶けるものと仮定し、それぞれの凝固点降下度は  $1.87 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $5.21 \text{ }^\circ\text{C}$  とする。

実験④ 化合物 **B** ~ **D** の元素分析を行ったところ、化合物 **B** は炭素 70.5%と水素 5.9%、化合物 **C** は炭素 78.7%と水素 8.3%、化合物 **D** は炭素 57.8%と水素 3.6%であった。

実験⑤ 化合物 **B** のクロロホルム溶液および化合物 **C** のクロロホルム溶液へ臭素を少量加えたが、臭素の赤褐色は消えなかった。

- (1) 実験①においてエタノールを加えておかないと、下線部の化合物 **A** の消失が極端に遅くなる。その理由を 20 字以内で記せ。
- (2) 実験③の水中での凝固点降下度をもとに化合物 **B** の分子量を求めよ。
- (3) 実験③より、トルエン中では化合物 **B** の分子が会合していることが分かる。化合物 **B** はトルエン中で何分子が会合していると考えられるかを整数値で記せ。ただし、化合物 **B** は均一にかつ完全に会合しているものとし、実験③をその根拠として解答すること。
- (4) 実験④の元素分析の結果をもとに化合物 **B** ~ **D** の組成式を求めよ。
- (5) 化合物 **A** ~ **E** の構造式を記せ。また、不斉炭素原子には構造式の記入例にならって\*印を付けよ。
- (6) 実験①の反応で、すべての化合物 **A** が化合物 **B** と化合物 **C** に変換された場合、実際に得られた化合物 **B** と化合物 **C** の質量は、理論的に得られる質量の何%かを求めよ。

6 以下の文章を読み、問 (1) ~ (8) に答えよ。(配点 55 点)

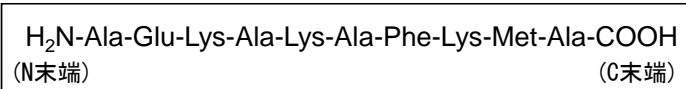


図 1 ポリペプチド Z の構造

図 1, 図 2 に示す, 5 種類のアミノ酸からなるポリペプチド Z (分子量 1093) がある。ポリペプチド Z は, 電離平衡に関わる官能基として, N 末端と C 末端以外に, アミノ酸側鎖の中にある  個のアミノ基と  個のカルボキシ基をもつ。したがって, pH 2.0 と pH 12.0 ではそれぞれ  と  の電荷を帯びている。このポリペプチドを溶解させた水溶液を pH 2.0 にした後, 一定濃度の NaOH 水溶液を用いて滴定を行ったところ, 図 3 に示す結果を得た。

さらに, ポリペプチド Z を構成する 5 種類のアミノ酸について, 以下の実験①, ②を行った。なお, 5 種類のアミノ酸の等電点は, 3.2, 5.5, 5.7, 6.0, 9.7 のいずれかである。

実験① 5 種類のアミノ酸の混合物について, pH 7.0 の水溶液を用いた電気泳動を行うと, 1 種類のアミノ酸が陰極側へ移動した。

実験② 5 種類のアミノ酸の混合水溶液を強酸性(pH 2.5)にした後, スルホ基をもつ陽イオン交換樹脂を充填したカラムにその水溶液を流し, すべてのアミノ酸を陽イオン交換樹脂に吸着させた。次に, pH 4.0 の緩衝液をカラムの上から流し, 下から流出してきた水溶液をビーカーに集め, 分離精製することで 1 種類のアミノ酸を得た。

名称	側鎖	略号
アラニン	$-\text{CH}_3$	Ala
メチオニン	$(\text{CH}_2)_2\text{S}-\text{CH}_3$	Met
フェニルアラニン	$-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5$	Phe
リシン	$(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$	Lys
グルタミン酸	$(\text{CH}_2)_2\text{C}(=\text{O})\text{OH}$	Glu

図 2 ポリペプチド Z を構成するアミノ酸

(1) 空欄  と  に入る適切な数値を記せ。また, N 末端と C 末端を考慮し,  と  に入る適切な数値を次の中から選べ。{-4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4}

(2) ポリペプチド溶液は, ある試薬を加えると  $\text{Cu}^{2+}$  と錯イオンを形成し呈色する。その反応名を記せ。

(3) ポリペプチド Z を構成する 5 種類のアミノ酸のうち, ヒトの必須アミノ酸をすべて記せ。

(4) 実験①において, 陰極側へ移動したアミノ酸名を挙げ, それが陰極側へ移動する理由を記せ。

(5) 実験②で得られるアミノ酸のアミノ基を選択的にラウリン酸 ( $\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COOH}$ ) と縮合反応させた後, カルボキシ基をナトリウム塩にした。この構造式を記せ。

(6) 図 3 を基に, ポリペプチド Z の分子全体の電荷が 0 となる pH(等電点)を最も近い整数値で記せ。

(7) キモトリプシンは, キサントプロテイン反応に陽性を示すアミノ酸のカルボキシ側のペプチド結合を, 特異的に切断する酵素である。ポリペプチド Z にキモトリプシンを十分に作用させ, 得られた鎖状ペプチドのうち, 分子鎖の短い方の鎖状ペプチドを採取した。それを構成するアミノ酸の配列を, 図 2 の略号を使って記せ。

(8) (7) で用いたポリペプチド Z を 100 mg とした場合, 採取した分子鎖の短い鎖状ペプチドを完全に加水分解することで生じるアラニンは何 mg となるか求めよ。

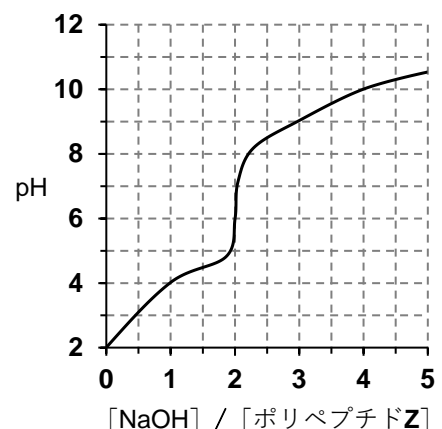


図 3 ポリペプチド Z の滴定曲線