

九州大学 医学部 歯学部  
前期

平成 27 年度 入学試験問題

理 科

(注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

科 目	問 題 冊 子	解 答 紙	
	ペ ー ジ	解答紙番号	枚 数
物理基礎・物理	1 ～ 16	31 ～ 33	3
化学基礎・化学	17 ～ 32	34 ～ 38	5
生物基礎・生物	33 ～ 52	39 ～ 43	5
地学基礎・地学	53 ～ 65	44 ～ 48	5

4. 各解答紙の 2 箇所受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は、2 科目 250 点満点(1 科目 125 点満点)です。なお、医学部保健学科(看護学専攻)については、2 科目 100 点満点に換算します。

# 化 学 基 礎 ・ 化 学

必要な場合には、次の値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.1,

K = 39.1, Mn = 54.9, Cu = 63.5

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

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

絶対零度 0 K： $-273 \text{ }^\circ\text{C}$

〔1〕 下の表は原子番号1番から36番までの元素の周期表である。問1～問7に答えよ。(25点)

族 \ 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	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	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

問 1. 表中の遷移元素の数を答えよ。

問 2. 第3周期に属する元素の中で第一イオン化エネルギーが最も小さい元素の元素記号を答えよ。

問 3. 炭素原子には、質量数が12, 13, 14の3種類の同位体が存在する。この中で質量数13の炭素原子の中性子数を答えよ。

問 4. 臭化ナトリウムは水に溶けてナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )と臭化物イオン( $\text{Br}^-$ )に電離する。ナトリウムイオンと臭化物イオンの最外殻電子数と陽子数をそれぞれ答えよ。

問 5. 原子番号7番から13番の元素の中で、ネオンと同一の電子配置のイオンになるもののうちイオンの大きさが最小となるのはどれか、イオン式で答えよ。

問 6. 次の文章中の〔ア〕と〔イ〕に適切な記号もしくは数値を答えよ。

原子番号 25 番の元素であるマンガンの電子配置では、最外殻に 2 個の電子が存在する。最外殻のすぐ内側の電子殻は〔ア〕殻で、〔イ〕個の電子が存在する。

問 7. 次の文章中の〔ア〕～〔エ〕に適切な数値を答えよ。〔ウ〕と〔エ〕については小数点以下 2 桁で答えよ。

マンガンの特徴の一つは、複数の酸化数を取り得ることである。例えば、強力な酸化剤である  $\text{KMnO}_4$  ではマンガンの酸化数は〔ア〕であり、 $\text{MnCl}_2$  ではマンガンの酸化数は〔イ〕である。また、 $\text{MnO}_2$  の組成をもつマンガン酸化物中のマンガンの酸化数は +4 である。その他、カリウムイオンを含むマンガン酸化物 ( $\text{K}_x\text{MnO}_2$ ) もあり、このマンガン酸化物中には酸化数 +3 と +4 のマンガンが含まれている。その組成式を  $\text{K}_x\text{Mn(IV)}_{1-y}\text{Mn(III)}_y\text{O}_2$  のように表すと、下記の分析実験により  $x$ 、 $y$  のそれぞれの値は〔ウ〕、〔エ〕のように決定される。

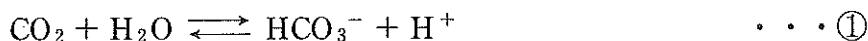
#### 【分析実験】

1.00 g のマンガン酸化物  $\text{K}_x\text{Mn(IV)}_{1-y}\text{Mn(III)}_y\text{O}_2$  が完全に溶解した 250 mL のシュウ酸水溶液を調製した。この溶液中のカリウムイオン濃度を測定したところ 0.0052 mol/L であった。

〔2〕 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。大気圧は  $1.0 \times 10^5$  Pa、気体はすべて理想気体とする。(25点)

二酸化炭素は大気圧下、温度  $27^\circ\text{C}$  では気体であるが、 $-78^\circ\text{C}$  以下では固体であり、ドライアイスと呼ばれる。ドライアイスは大気圧下で温度を上げると、液体を経ないで直接気体となる。ドライアイス中の二酸化炭素分子は互いに弱い<sup>(a)</sup> 引力である〔ア〕力によって結びついており、二酸化炭素分子が規則正しく配列した結晶の単位格子の形状は図1に示すような立方体である。この単位格子の<sup>(b)</sup> 体積は  $1.8 \times 10^{-22}$   $\text{cm}^3$  である。一辺が  $1\text{ cm}$  の立方体のドライアイスの質量は〔イ〕g であり、これを大気圧下で  $27^\circ\text{C}$  にすると、その体積は〔ウ〕L になる。

$27^\circ\text{C}$  において圧力  $1.0 \times 10^5$  Pa の二酸化炭素は  $1.0\text{ L}$  の水に  $0.831\text{ L}$  溶け、その溶解量はヘンリーの法則に従うものとする。水に溶けた二酸化炭素は式①のように炭酸水素イオンと水素イオンを生じ、炭酸水素イオンはそれ以上電離しないとする。



式①の電離定数  $K_a (= \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{CO}_2]})$  は  $27^\circ\text{C}$  において  $4.5 \times 10^{-7}$  mol/L である。容器に二酸化炭素と水を入れ、密閉し、気液平衡の状態にした。温度は  $27^\circ\text{C}$  で一定とする。この炭酸水の pH を測定すると  $3.50$  であった。このときの炭酸水中の二酸化炭素濃度は〔エ〕mol/L である。また、この容器中の気体の二酸化炭素分圧は〔オ〕Pa である。大気中の二酸化炭素の分圧は〔オ〕Pa より低いので、容器を開けると水中の二酸化炭素は大気中に放出される。

単位格子の体積 =  $1.8 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$

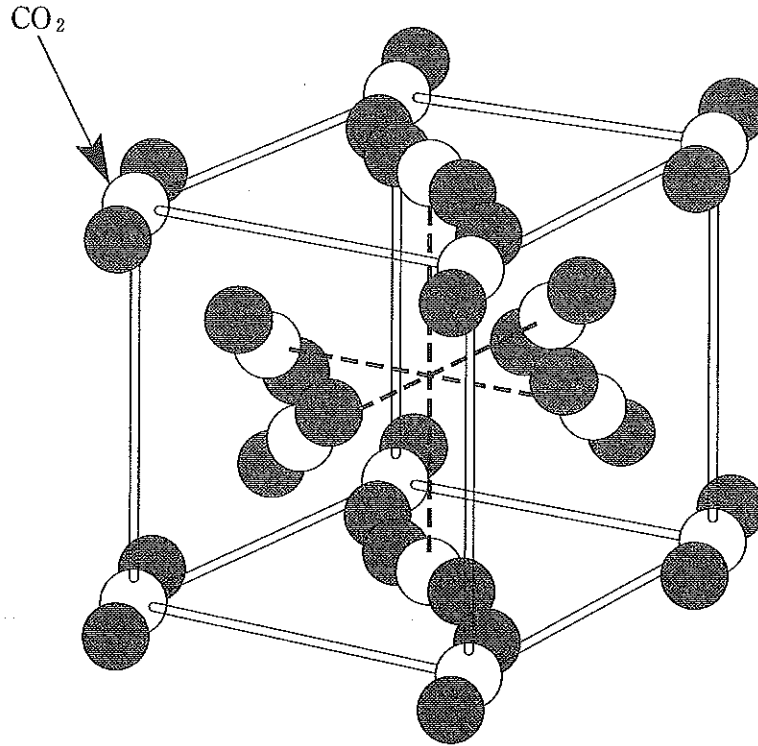


図 1

問 1. 文中の〔 ア 〕に適切な語句を答えよ。また〔 イ 〕~〔 オ 〕に入る数値を有効数字 2 桁で答えよ。

問 2. 二酸化炭素の電子式を記入例にならって答えよ。

記入例：窒素分子  $\begin{array}{c} \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \end{array} \text{N} \begin{array}{c} \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \end{array} \text{N} \begin{array}{c} \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \end{array}$  ただし、 $\bullet$  は電子を表す。

問 3. 下線部(a)の現象の名称を答えよ。

問 4. 下線部(b)の単位格子の名称を答えよ。

〔3〕 次の文章(1)～(4)を読み、問1～問5に答えよ。(25点)

(1) 物質AがBとCに変化する式①の反応を考える。



反応の途中で温度は変わらないとする。図1に示すように、時刻 $t_1$ でAの濃度を測定したところ $[A]_1$ であった。また、時刻 $t_1$ から $\Delta t$ だけ時間が過ぎた時刻 $t_2$ での濃度は $[A]_2$ であった。この時、時刻 $t_1$ から時刻 $t_2$ までの間の平均の反応速度 $v_{av}$ は $t_1$ 、 $t_2$ 、 $[A]_1$ 、 $[A]_2$ を用いて式②で表せる( $t_1 < t_2$ ,  $[A]_1 > [A]_2$ )。

$$v_{av} = \{ \text{ア} \} \quad \dots \textcircled{2}$$

すなわち、図1の曲線上の二つの点 $g_1$ 、 $g_2$ を結んだ直線の傾きに-(マイナス)記号を付けた値が、時刻 $t_1$ から時刻 $t_2$ までの間の平均の反応速度を表す。ここで、-(マイナス)記号を付けるのは平均の反応速度 $v_{av}$ を正の値にするためである。

式②において、 $\Delta[A] = [A]_2 - [A]_1$ とすると $v_{av}$ は $\Delta t$ と $\Delta[A]$ を用いて式③で表せる。

$$v_{av} = \{ \text{イ} \} \quad \dots \textcircled{3}$$

$\Delta t$ を十分小さくすると $v_{av}$ は時刻 $t_1$ の時の瞬間的な反応速度を表す。従って、時刻 $t_1$ における曲線の〔ウ〕の傾きに-(マイナス)記号を付けた値が時刻 $t_1$ の瞬間的な反応速度を表す。

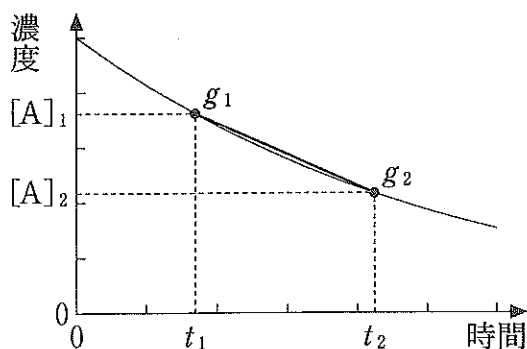


図1

問1. 〔ア〕と〔イ〕に適切な式と、〔ウ〕に適切な語句を答えよ。

(2) 今、式①の反応速度  $v$  が、反応速度定数  $k$  と A の濃度  $[A]$  を用いて式④で表すことができた。

$$v = k[A] \quad \dots \textcircled{4}$$

反応開始から時刻  $t_5$  までの A の濃度変化を時間に対して示すと図 2 のようになった。図中の  $t_3, t_4, t_5$  はいずれも反応途中の時刻を表している。反応の初期濃度は  $[A]_0$  である。

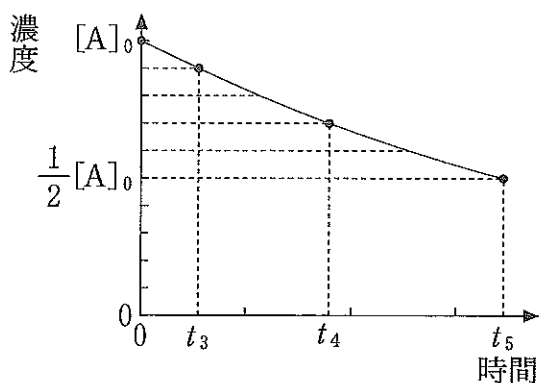


図 2

問 2. 反応速度  $v$  は時間とともにどのように変化するか。図 2 にならって解答用紙に実線で図示せよ。縦軸を反応速度、横軸を時間とする。図示する時間は反応開始から時刻  $t_5$  までとする。また、反応開始時の反応速度は  $v_0$  とする。時刻  $t = 0, t_3, t_4, t_5$  における値は図 2 にならって黒丸(●)で示せ。(解答用紙には縦軸、横軸、目盛が描かれている。)



- (3) ある時刻  $t_a$  における A の濃度を  $[A]_a$  とした時、濃度が  $[A]_a$  からその半分の濃度である  $\frac{1}{2}[A]_a$  になるまでにかかる時間  $t_{1/2}$  を半減期と呼ぶ。反応速度が式④に従う場合、半減期  $t_{1/2}$  は自然対数(底が  $e$  の対数)を用いて式⑤で表せる。

$$t_{1/2} = \frac{\log_e 2}{k} \quad \dots \textcircled{5}$$

式⑤から、式①の反応の半減期は反応速度定数  $k$  に反比例し、A の濃度  $[A]_a$  によらないことがわかる。

- 問 3. 濃度が  $[A]_0$  から  $\frac{1}{2}[A]_0$  になる時間と、 $[A]_0$  から  $\frac{1}{4}[A]_0$  になる時間をそれぞれ半減期  $t_{1/2}$  を用いて表せ。

- (4) 反応が式①で表され、反応速度が式④に従う一つの例として、 $C_2H_5NH_2$  (気体)が分解して、 $C_2H_4$ (気体)と  $NH_3$ (気体)になる反応がある。この反応は式⑥で表せる。



$C_2H_5NH_2$ (気体)を一定体積の容器に入れ、圧力を測定したところ、反応開始時の圧力は  $P_0$  であった。また、反応開始 6 時間後の圧力を測定したところ  $\left(\frac{15}{8}\right)P_0$  であった。気体はすべて理想気体とし、反応の途中で反応温度は変わらないとする。

- 問 4. 反応開始 6 時間後の反応速度は、反応開始時の反応速度の何倍か、答えよ。

- 問 5. 式⑥の反応の半減期  $t_{1/2}$  は何時間か、答えよ。



〔4〕 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。構造式を記入する時は、次ページに示す記入例にならって記せ。なお、光学異性体は区別しなくてよい。(25点)

5種類の有機化合物からなる混合物Xがある。混合物X中の少なくとも一つの化合物は常温で液体であり、他の化合物を溶解している。また、混合物X中の化合物のうち三つは芳香族化合物であり、他の一つは単一の低分子化合物が重合した高分子化合物であることがわかっている。

混合物Xに十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると油状の化合物Aが生じた。一方、化合物Aを除いた残りの水溶液を水溶液Zとする。

水溶液Zに十分な量の二酸化炭素を通じると、化合物Bが析出した。化合物Bを取り除いた残りの液体に希塩酸を加えると、化合物Cが析出した。さらに化合物Cを取り除いた残りの液体に十分な量のエタノールを加えると沈殿が生じた。これは化合物Dであった。化合物Dをろ過によって取り除いたところ、ろ液に含まれていた物質は、水、ナトリウムイオン、塩化物イオン、エタノールの他は化合物Eのみであった。

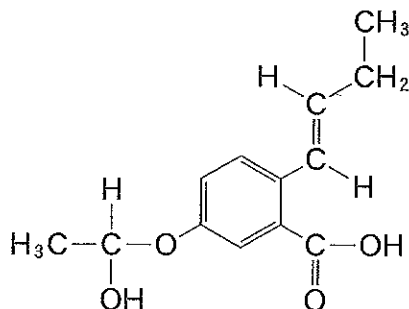
一方、混合物Xに十分な量の希塩酸を加えて加熱したところ、混合物Yが析出した。冷却後、反応容器にジエチルエーテルを加えて振り混ぜたところ、混合物Yはすべて溶解し、液体は水層とジエチルエーテル層に分離した。水層を取り出し、水酸化ナトリウム水溶液を加えると、化合物Aが生じた。化合物Aを取り除いた残りの水層に含まれる有機化合物は、化合物D、化合物Eおよびエタノールであった。一方、ジエチルエーテル層には化合物Bおよび化合物Cが含まれていた。なお、化合物A～Eはいずれも混合物Xに含まれる化合物ではなかった。

化合物Aおよび化合物Eの混合物を少量の濃硫酸とともに加熱すると化合物Fが生じた。化合物Fは、タンパク質やナイロン中にも含まれる結合を持っていた。この結合は、タンパク質がらせん構造( $\alpha$ -ヘリックス)を形成する際に重要な役割を果たす。なお、化合物Fは、混合物Xに含まれる化合物であり、分子量は135であった。化合物F以外に混合物Xに含まれる化合物は、次ページに示す〔化合物リスト〕のうちのいずれかである。

〔化合物リスト〕

シクロヘキサン	アセトアルデヒド
アセトン	ギ酸
マレイン酸	ギ酸エチル
酢酸メチル	酢酸エチル
酢酸フェニル	ベンゼン
トルエン	スチレン
エチルベンゼン	ニトロベンゼン
テレフタル酸	アセチルサリチル酸
ポリ塩化ビニル	ポリ酢酸ビニル
ポリスチレン	ポリエチレンテレフタレート

構造式の記入例



問 1. 化合物 A は炭素，水素，窒素原子のみからなり，分子量は 93 であった。

化合物 A の構造式を答えよ。

問 2. 化合物 B を元素分析したところ，成分元素の質量百分率は炭素 76.6 %，

酸素 17.0 %，水素 6.4 % であった。化合物 B のナトリウム塩に高圧下で二酸化炭素を反応させ，これに希硫酸を加えることで化合物 C を合成することができる。化合物 B および C の構造式をそれぞれ答えよ。

問 3. 化合物 C とメタノールを少量の濃硫酸の存在下で反応させると生じる化合物の名称を答えよ。

問 4. 化合物 D は水に溶解させて合成のりとして用いられるほか、ホルムアルデヒドと反応させることで水に不溶となり、繊維材料の原料になる。化合物 D を水に溶解させ、1.00 g/L の水溶液を調製した。この水溶液の浸透圧を 27 °C において測定したところ 8.31 Pa であった。化合物 D の分子量を求めよ。また、化合物 D の名称を答えよ。

問 5. 化合物 E および化合物 F の構造式を答えよ。

問 6. 混合物 X に含まれる化合物について、化合物 F を除く 4 種類の化合物を〔化合物リスト〕から選び、答えよ。



〔5〕 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。(25点)

多くの高分子化合物は、小さな構成単位が繰り返し結合した構造をしている。この構成単位となる小さな分子を〔ア〕と呼び、〔ア〕が次々に結合する反応を重合という。重合には、不飽和結合を持つ〔ア〕が次々に〔イ〕反応を起こす〔イ〕重合と、二つの官能基の間で簡単な分子が取れて新しい共有結合を形成する〔ウ〕重合がある。天然高分子化合物であるデンプンやセルロースは、多数のグルコースの間で〔エ〕が取れて共有結合が形成されているので、〔ウ〕重合による高分子化合物である。<sup>(a)</sup> デンプンやセルロースの性質を知るには、高分子化合物としての構造の特徴とともに、それを構成している糖類の化学的性質をよく理解していなければならない。<sup>(b)</sup> ここでは、最も身近な二糖類であるスクロース(ショ糖)を例として、糖類の化学的性質を考察する。

スクロースの水溶液は還元性を示さないが、加水分解するとグルコースと〔オ〕の等量混合物となり還元性を示すようになる。水溶液中で、〔オ〕は、図1に示すように六員環環状構造が鎖状構造Aを経て五員環環状構造と平衡状態にあり、Aは更にいくつかの鎖状構造間で平衡状態にある。鎖状構造Bが存在するため〔オ〕は、グルコースと同様に還元性を示す。

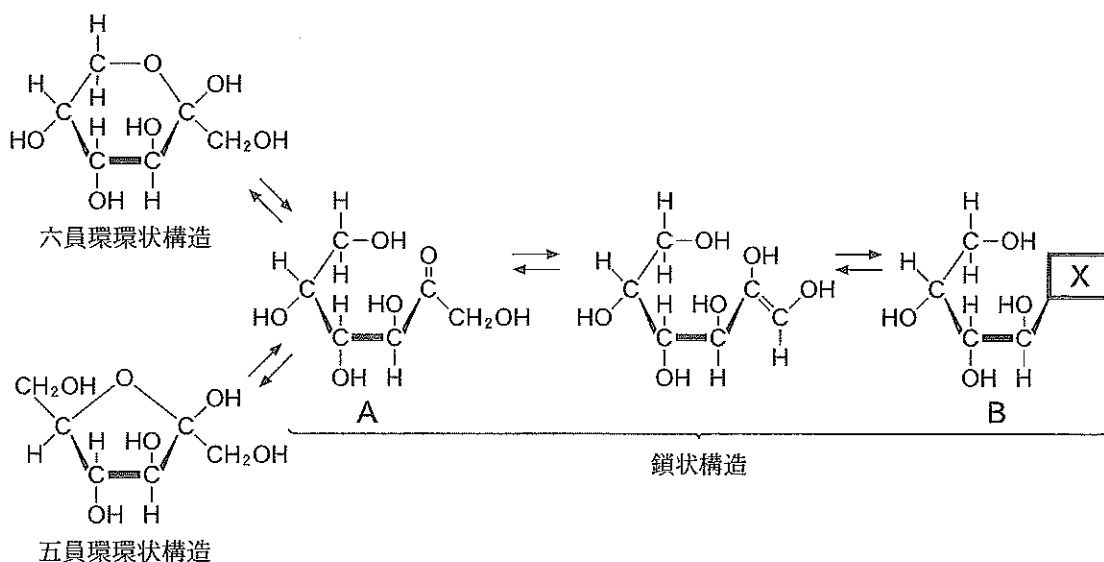


図1

スクロースを使って以下のような加水分解の実験を行った。

【実験】 スクロース水溶液(水 40 g, スクロース 100 g)を 60 °C に保ち, 加水分解酵素であるインペルターゼ 0.6 g を加えて 6 時間かき混ぜた後, [ カ ](\*注)と沸騰石を入れて穏やかに加熱した。生成した赤色沈殿をろ過して集め, 乾燥後, 質量を測定したところ 70.0 g であった。<sup>(c)</sup>

(\*注) : [ カ ]は, 硫酸銅(Ⅱ)五水和物 350 g を水 5 L に溶かしたものと酒石酸ナトリウムカリウム 1730 g と水酸化ナトリウム 500 g を水 5 L に溶かしたものを使用直前に混合したものである。

問 1. [ ア ]~[ エ ]に適切な語句を答えよ。

問 2. 下線部(a)の共有結合の名称を答えよ。

問 3. 下線部(b)を表すものの一つとして, 「重合体 1 分子を構成する繰り返し単位の数」がある。この数を一般に何というか, 名称を答えよ。

問 4. [ オ ]にあてはまる単糖類の名称を答えよ。

問 5. 図 1 の鎖状構造 B で空白になっている部分 X の構造を図 1 にならって答えよ。

問 6. 試薬 [ カ ]の名称と下線部(c)の組成式を答えよ。

問 7. 赤色沈殿の重量から加水分解されたスクロースの割合(%)を有効数字 3 桁で答えよ。ただし, グルコースと[ オ ]は, 2 電子を与える還元剤として働くと考え, スクロースの分子量は 342 として計算せよ。なお, すべてのグルコースと[ オ ]は, [ カ ]と反応して赤色沈殿を生成したものとす



