

令和4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 ～ 14	32 ～ 34	3
化学基礎・化学	15 ～ 26	35 ～ 39	5
生物基礎・生物	27 ～ 48	40 ～ 47	8
地学基礎・地学	49 ～ 59	48 ～ 52	5

4. 各解答紙の2箇所に受験番号を記入すること。
5. 受験番号は、裏面の記入例にならって、マス目の中に丁寧に記入すること。
6. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
7. 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。
8. 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。

受験番号の記入例

A	B	D	E	G	H	I	K	L	M	P	S	T	W	Z

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

化学基礎・化学

必要な場合は、次の値を用いよ。

原子量：Ag = 108, Au = 197, C = 12.0, Cl = 35.5, Cu = 63.5,

H = 1.00, N = 14.0, Na = 23.0, Ni = 58.7, O = 16.0,

P = 31.0, S = 32.1

〔 1 〕 次の文章(1)と(2)を読み、問 1～問 6 に答えよ。(25 点)

(1) 原子番号が同じでも、質量数が異なる原子が存在する。これらの原子を互いに〔 ア 〕であるという。水素原子の〔 ア 〕には、質量数が 1, 2, 3 のものが存在し、それぞれ ^1H , ^2H , ^3H と表す。 ^3H は 2 個の〔 イ 〕を含む放射性〔 ア 〕であり、その原子核は放射線を出して、〔 ウ 〕を 2 個、〔 イ 〕を 1 個含む〔 エ 〕原子の原子核に変わる。 ^3H が出す放射線は高感度に測定することができ、単位体積当たりの ^3H の物質量を見積もることができる。 ^3H の半減期を 12 年とすると、48 年後には ^3H の原子数が元の〔 X 〕分の 1 となる。

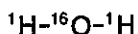
水素原子には ^1H , ^2H , ^3H が存在するため、これらの水素原子を含む水分子には異なるもの、すなわち 2 個の ^1H が 1 個の酸素原子 ^{16}O と結合した水分子 A や、2 個の ^3H が 1 個の ^{16}O と結合した水分子 B などが存在する。水分子 A からなる水に水分子 B からなる水を少量混合すると、水分子 A や水分子 B とは異なる水分子 C が生成する。また、水分子 A からなる水の沸点は、水分子 B からなる水の沸点に比べてわずかに低い。水分子 A からなる水に水分子 B からなる水を少量混合した後、この混合水の量が半分になるまで蒸留を行った。そのとき生成した蒸気を冷却してできた混合水 (25℃) 中の ^3H の物質量は、同じ体積の元の混合水 (25℃) と比べて〔 オ 〕。

問 1. 文章中の〔 ア 〕～〔 オ 〕にあてはまる最も適切な語句を、次の(A)～(L)の中から一つずつ選び記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|------------|-------------|
| (A) 同素体 | (B) 同位体 | (C) 同族体 |
| (D) 電子 | (E) 陽子 | (F) 中性子 |
| (G) 水素 | (H) ヘリウム | (I) リチウム |
| (J) 多くなった | (K) 少なくなった | (L) 変わらなかった |

問 2. 文章中の〔 X 〕にあてはまる適切な数値を整数で答えよ。また、水分子 C の構造式を以下の例にならって答えよ。

構造式の記入例



問 3. 蒸留操作では、対象とする液体を沸騰させるため、加熱する必要がある。25℃の水分子 A からなる水 18 g を加熱し、すべてを 100℃の水蒸気にするためには、何 kJ の熱量が必要か、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、水分子 A からなる水の蒸発熱を 41 kJ/mol、比熱を 4.2 J/(g・K) とする。

(2) 黄銅鉱などから得られる粗銅は、電気分解を利用して高純度の銅 Cu に精錬される。不純物としてニッケル Ni、銀 Ag、金 Au のみを含み組成が均一である粗銅板を用いて精錬を行った。粗銅板に含まれる Cu と Ag の質量比は 500 : 1、Ni と Au の質量比は 100 : 1 であった。粗銅板および純銅板を電極として使い、2.00 A の電流を流し続けて硫酸銅(Ⅱ) CuSO₄ の硫酸酸性水溶液の電気分解を行ったところ、粗銅板の一部が溶解して純銅板に銅が析出した。このときに生じた沈殿物を分析したところ、Ag が 2.54×10^{-3} g、Au が 5.87×10^{-4} g 含まれていた。

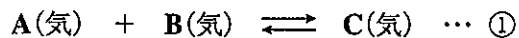
問 4. 下線部 a) の粗銅板から溶出した Ni の質量は何 g か、有効数字 3 桁で答えよ。

問 5. 下線部 b) の純銅板に析出した Cu の質量は何 g か、有効数字 3 桁で答えよ。

問 6. 電気分解に要した時間は何秒か、有効数字 3 桁で答えよ。ただし、ファラデー定数は、 9.65×10^4 C/mol とする。

〔2〕 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。(25点)

気体物質である A, B, C の混合気体を容積一定の密閉容器に入れると、式①に示す化学反応が可逆的に起こり、やがて平衡状態に達する。なお、気体は理想気体として扱うものとする。



異なる全圧 P_1, P_2, P_3 [Pa] について、平衡状態における気体 C の体積百分率と温度の関係は図のようになった。

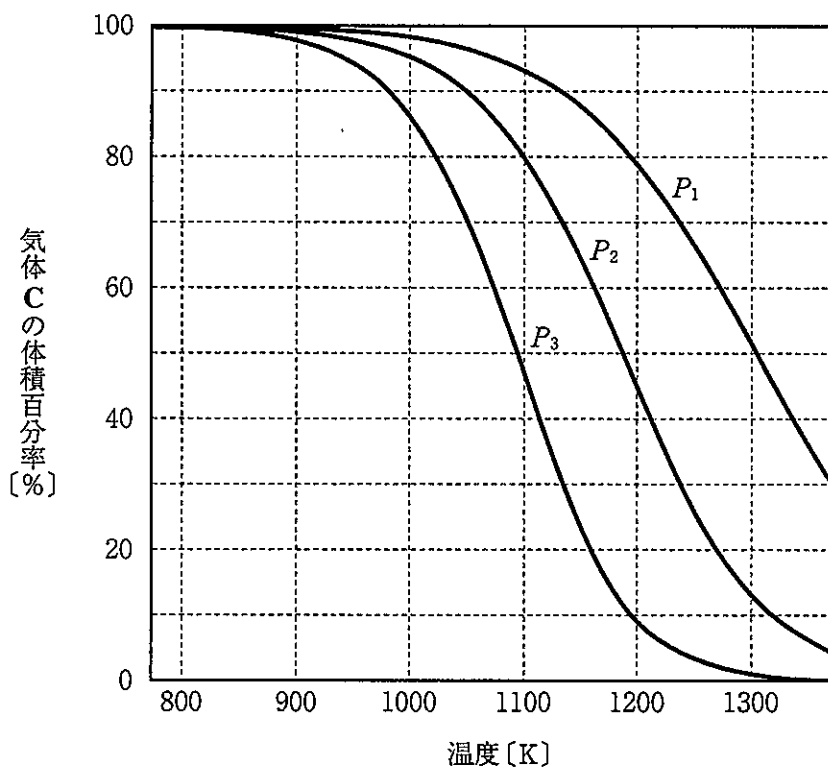


図. 平衡状態における気体 C の体積百分率と温度の関係

問 1. P_1 と P_3 の大小関係を、不等号を用いて答えよ。

問 2. 式①の右向き反応(正反応)は、発熱反応あるいは吸熱反応のどちらであるか答えよ。

問 3. 式①の反応の圧平衡定数 K_p [Pa^{-1}] は、温度を上げると大きくなるか、あるいは小さくなるかを答えよ。

問 4. 気体 A と B を密閉容器に入れて、温度を T [K] に保ったところ、平衡状態になった。このとき、全圧が 3.0×10^5 Pa であり、気体 A, B, C の物質量はすべて同じであった。圧平衡定数 K_p [Pa^{-1}] を有効数字 2 桁で答えよ。

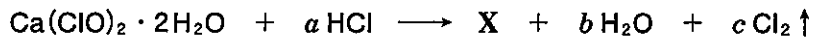
問 5. 4.0 mol の気体 A と 2.0 mol の気体 B を密閉容器に入れて、温度を T [K] に保ったところ、平衡状態になった。このとき、気体 C のモル分率は 0.20 であった。問 4 で求めた圧平衡定数の値を用いて、全圧 [Pa] を有効数字 2 桁で答えよ。

〔3〕 次の文章(1)と(2)を読み、問1～問5に答えよ。(25点)

(1) 次亜塩素酸ナトリウム NaClO を主成分とする洗浄剤は塩素系洗浄剤であり、漂白剤や殺菌剤として使われている。塩素系洗浄剤とは別に、塩酸を含む塩酸系(または酸系)洗浄剤も使われている。これらの塩素系と塩酸系の洗浄剤を混合すると、塩素が発生する。また、水道水の殺菌などに用いられる高度さらし粉(主成分は $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) も、塩酸を加えると塩素が発生する。

問 1. 下線部 a) の化学式 NaClO における Cl の酸化数を答えよ。

問 2. 下線部 b) について、下に示した化学反応式における係数 a , b , c , および生成物 X の化学式を答えよ。

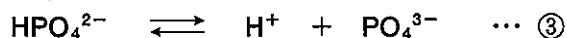
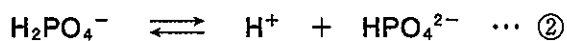
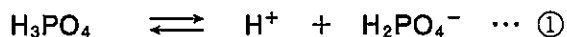


問 3. 塩素系および塩酸系の洗浄剤を、それぞれ表に示す次亜塩素酸ナトリウム水溶液と塩酸であるとする。これらを混合して発生する塩素の体積は、温度 300 K, 圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何 L か、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、発生する塩素はすべて気体になるものとし、気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。また、どちらかの成分 (NaClO または HCl) がなくなるまで、塩素が発生する反応のみが進行するものとし、未反応の成分は分解しないものとする。

表. 洗浄剤に対応する水溶液

洗浄剤	水溶液	質量パーセント濃度 [%]	水溶液の質量 [g]
塩素系洗浄剤	次亜塩素酸ナトリウム水溶液	7.45	100
塩酸系洗浄剤	塩酸	10.0	100

(2) リン酸 H_3PO_4 を水に溶かすと、式①～③に示す3段階の電離平衡が成り立つ。



リン酸水溶液の pH が 4 ～ 10 の場合、 H_2PO_4^- と HPO_4^{2-} が主に存在し、 H_3PO_4 と PO_4^{3-} の割合は無視できるほど小さいため、ここでは式②の電離平衡のみを考えるものとする。また、式②の電離定数を $6.3 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ (25℃) とし、水の電離平衡は無視できるものとする。必要な場合は、以下の数値を計算に用いよ。

$$\log_{10}\sqrt{6.3} = 0.40 \qquad \log_{10}\sqrt{63} = 0.90$$

$$\log_{10}6.3 = 0.80 \qquad \log_{10}63 = 1.8$$

問 4. 0.10 mol のリン酸二水素ナトリウム NaH_2PO_4 を水に溶解して 1.0 L の水溶液 (25℃) にしたときの pH を小数第 1 位まで答えよ。

問 5. 0.10 mol/L の NaH_2PO_4 水溶液 1.0 L に、ある体積の 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を加えた。このとき得られた水溶液中の H_2PO_4^- と HPO_4^{2-} の濃度が等しくなった。この水溶液 (25℃) の pH を小数第 1 位まで答えよ。

- [4] 次の文章(1)~(6)を読み、問1~問5に答えよ。なお、反応はすべて完全に進行し、副反応は起こらないものとする。構造式を答える際には記入例にならって答えよ。ただし、鏡像異性体は区別しないものとする。シス-トランス異性体の構造式を答える際には、置換基の配置の違いが分かるように答えよ。(25点)

構造式の記入例



- (1) 化合物 **A** は、炭素原子、水素原子、酸素原子からなる有機化合物であり、分子量は 288 である。化合物 **A** 28.8 mg を完全燃焼させると、二酸化炭素 74.8 mg、水 18.0 mg が生成した。
- (2) 化合物 **A** に対して、水酸化ナトリウム水溶液を用いて加水分解した後、十分に酸性にすると、3 種類の化合物 **B**、**C**、**D** が得られた。
- (3) 化合物 **B**、**C**、**D** に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたところ、**C** のみが紫色に呈色した。
- (4) 化合物 **B** は環状化合物ではなく、不斉炭素原子をもつアルコールであった。化合物 **B** (0.1 mol) に対して、触媒作用を弱めたパラジウム触媒を用いて水素 (0.1 mol) を付加させると、シス体である化合物 **E** のみが得られた。化合物 **E** (0.1 mol) に対して、さらにニッケル触媒を用いて水素 (0.1 mol) を付加させると、化合物 **F** が得られた。
- (5) アセチレンを赤熱した鉄管に通すと 3 分子が重合して化合物 **G** が得られた。化合物 **G** と分子式 C_3H_6 の不飽和炭化水素をリン酸系触媒の存在下で反応させると化合物 **H** が得られた。化合物 **H** を酸素によって酸化したのち、希硫酸で分解すると化合物 **C** と分子式 C_3H_6O の化合物 **I** が得られた。
- (6) シクロヘキセンを酸性の過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると化合物 **D** が得られた。化合物 **D** は、ナイロン 66 の原料として用いられる。

問 1. 化合物 A の分子式を答えよ。

問 2. 化合物 C, D, G, H, I の名称を答えよ。

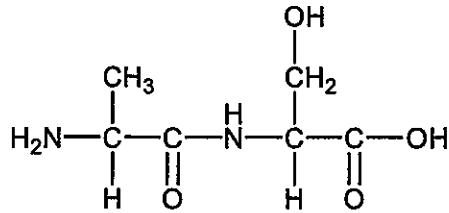
問 3. 化合物 A, E の構造式を答えよ。

問 4. 化合物 F の構造異性体の中で、ヒドロキシ基を有するものは化合物 F を含めて何種類あるか答えよ。ただし、立体異性体は区別しないものとする。

問 5. 化合物 B, C, D について、酸性の強いものから弱いものの順に記号 (B, C, D) を使って答えよ。

- [5] 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。構造式を答える際には記入例にならって答えよ。(25点)

構造式の記入例



図に示すペプチドAは、8個のアミノ酸が縮合しており、表に示す6種類のα-アミノ酸から構成されている。このペプチドAのN末端からのアミノ酸配列の順序を決定するために実験1～実験8を行った。なお、N末端、C末端とはペプチド鎖の末端であり、図に示すように、それぞれペプチド結合を形成していない遊離のアミノ基とカルボキシ基をさす。①～⑦は、N末端からのペプチド結合の位置を示す。

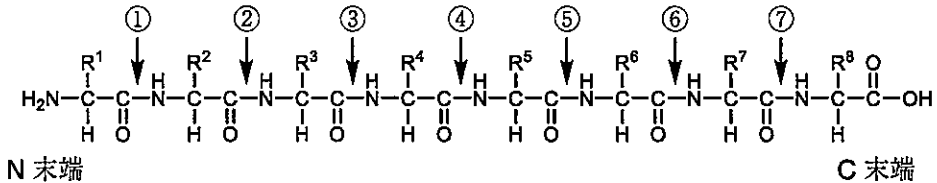
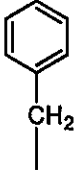


図. ペプチドA

表. ペプチドAを構成するアミノ酸

アミノ酸	グリシン	システイン	バリン	フェニルアラニン	アスパラギン酸	リシン
頭文字	グ	シ	バ	フ	ア	リ
側鎖(R)の構造	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \end{array}$		$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \end{array}$

- 実験1：ペプチドAのN末端のアミノ酸を分析するとアミノ酸Bであることがわかった。
- 実験2：アミノ酸Bをメタノール中で少量の濃硫酸を加えて加熱したところ、分子量が28大きい化合物Cを生じた。
- 実験3：芳香族アミノ酸のカルボキシ基側のペプチド結合を特異的に切断する酵素を用いてペプチドAを加水分解すると、3種類のペプチドD、E、Fが生成した。
- 実験4：ペプチドD、E、Fを分析すると、ペプチドDとFはトリペプチド、ペプチドEはジペプチドであることがわかった。
- 実験5：ペプチドEの組成式は $C_{10}H_{20}N_2O_3$ であり、ペプチドEを完全に加水分解すると、1種類のアミノ酸Gのみが検出された。
- 実験6：ペプチドDを完全に加水分解すると、アミノ酸Bが含まれていた。
- 実験7：ペプチドDを完全に加水分解して得られたアミノ酸の混合水溶液に対して、pH 6.0の緩衝液に浸したろ紙を使って電気泳動を行った。その結果、アミノ酸Hが陰極側に移動した。
- 実験8：ペプチドFを部分的に加水分解すると2種類のジペプチドが得られ、いずれにも不斉炭素原子を持たないアミノ酸が含まれていた。

- 問 1. 実験2で生じた化合物Cの構造式を答えよ。
- 問 2. 実験5で生じたアミノ酸Gの名称を答えよ。
- 問 3. ペプチドDを構成する3個のアミノ酸の名称をすべて答えよ。
- 問 4. 図に示すペプチド結合①～⑦のうち、実験3で切断されるペプチド結合の番号をすべて答えよ。
- 問 5. ペプチドAを構成するアミノ酸の配列順序を答えよ。ただし、N末端を左側にして右側のC末端に向かう順番に並べ、表に示したアミノ酸の名称の頭文字を使って答えよ。

