

令和2年度入学試験問題（前期日程）

理 科  
(医学部医学科)

物 理	1 ページから	6 ページまで
化 学	7 ページから	10 ページまで
生 物	11 ページから	14 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
3. 解答時間は、100分である。

# 化 学

必要があれば、原子量は次の値を用いなさい。

H = 1.00, C = 12.00, O = 16.00, Al = 27.0

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(18点)

2020年に開催される東京オリンピック・パラリンピックの選手村では、水素でエネルギーを供給することとなっている。水素は水の電気分解で製造可能であり、燃料電池で電気に変換して利用されるため、二酸化炭素を排出しないクリーンなエネルギー媒体として期待されている。水素利用の代表例である燃料電池自動車は、500 km 走行可能な水素 5.00 kg が高圧容器中に  $7.0 \times 10^7$  Pa で貯められている。一方、上記のように水素を高圧で貯める方法の他に、液化や化学結合などを利用して貯める方法がある。例えば化学結合を利用した水素吸蔵合金は、結晶格子の隙間に水素が入り込んでいる。長崎ハウステンボスの「変なホテル」では、自然エネルギーで製造した水素を水素吸蔵合金入りの容器に貯めておき、必要に応じて水素を取り出して燃料電池で電気と熱を供給している。

問1 下線部(a)について、水の電気分解を行う場合、酸性と塩基性の水溶液中で進行する反応が異なる。それぞれの溶液において両極で進行する反応式を答えなさい。

問2 下線部(b)について、以下の(1)~(3)に答えなさい。

- (1) 燃料電池自動車が 1 km 走行するために必要な標準状態における水素の体積(L)を、計算過程を示し有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、水素は理想気体としてふるまうものとする。
- (2) 水素 5.00 kg を 300 K,  $7.091 \times 10^7$  Pa で保存するために必要な容器の容積(L)を、計算過程を示し有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、水素は理想気体としてふるまうものとする。
- (3) 現実では水素は実在気体であるため、(2)の条件で水素を保存する場合、理想気体とした場合に比べて 1.45 倍の容積が必要となる。このように理想気体と実在気体の違いを生み出す主要な原因を 2 つ答えなさい。

問3 下線部(c)について、液体水素の密度は 70.8 g/L である。この液体水素 70.6 L の質量(kg)を有効数字 3 桁で答えなさい。

問4 下線部(d)について、水素吸蔵合金 40.0 kg 入りの容器 229 L に  $0^\circ\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^6$  Pa の水素が貯められている場合、これと同じ物質の水素を水素吸蔵合金の無い容器に同一の温度・圧力で貯めると 896 L の容積となった。このとき水素は合金の質量に対して何%取り込まれていたか、計算過程を示し有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、水素は理想気体としてふるまうものとする。また、水素吸蔵合金は密度  $8.00 \text{ g/cm}^3$  とし、水素の出し入れに伴う合金の体積膨張は無いものとする。



2 酸と塩基の反応について、以下の各問に答えなさい。(16点)

問1 以下の(1), (2)に答えなさい。

(1) 次の酸と塩基の組み合わせについて、完全に中和したときの化学反応式および生じた塩の名称をそれぞれ書きなさい。また、生じた塩の種類は正塩、酸性塩、塩基性塩のいずれであるか答えなさい。

- (a) 同じ物質量の炭酸と水酸化ナトリウム
- (b) 塩酸とアンモニア

(2) 上記(b)の組み合わせで生じた塩の水溶液は、中性、酸性、塩基性のいずれであるか、イオン反応式を用いて説明しなさい。

問2 次の文章を読み、以下の(1)~(3)に答えなさい。

0.10 mol/L 塩酸 25 mL と 0.10 mol/L 酢酸水溶液 25 mL をそれぞれ 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定する。そのとき加えた水酸化ナトリウム水溶液の量と混合水溶液の pH との関係調べると、図 I に示した滴定曲線が得られる。この滴定曲線を用いると、溶液の中和反応が完了した点<sup>(a)</sup>や溶液が緩衝作用を示す範囲<sup>(b)(c)</sup>等を読みとることができる。

(1) 下線部(a)について、塩酸の滴定曲線は、図 I の曲線 A、曲線 B いずれであるか答えなさい。また、その曲線である理由を 2 つ答えなさい。

(2) 下線部(b)について、酢酸水溶液を水酸化ナトリウム水溶液で滴定したとき得られる中和点の pH を次の(ア)~(ウ)から 1 つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) pH < 7      (イ) pH = 7      (ウ) pH > 7

また、その pH を示す理由について、下記の<式群>①式~⑨式の中から 3 つ選び、それを用いて説明しなさい。

(3) 下線部(c)を示す部分は図 I の曲線上のどの部分か。次の(ア)~(カ)の中からすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 曲線 A 5 ~ 20 mL      (イ) 曲線 A 20 ~ 30 mL      (ウ) 曲線 A 30 ~ 50 mL
- (エ) 曲線 B 5 ~ 20 mL      (オ) 曲線 B 20 ~ 30 mL      (カ) 曲線 B 30 ~ 50 mL

また、その滴定量付近で少量の水酸化ナトリウムを加えたとき緩衝作用を示す様子について、下記の<式群>①式~⑨式の中から 3 つ選び、それを用いて説明しなさい。

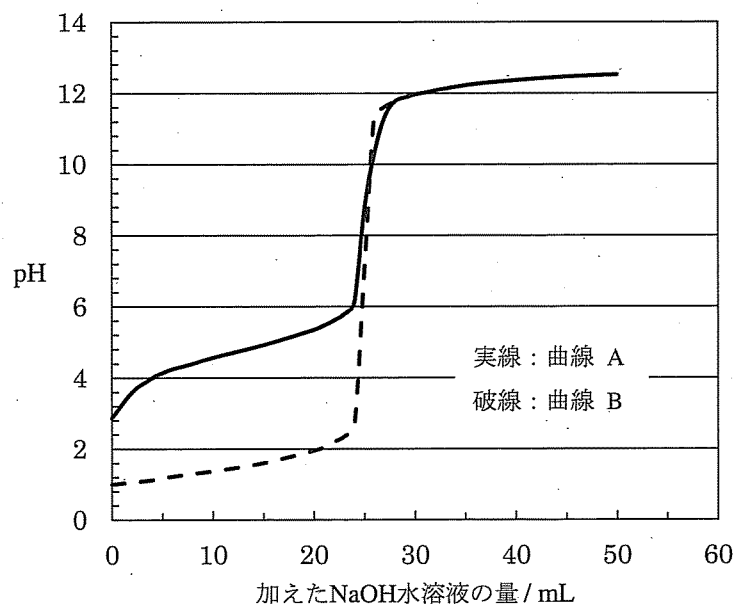


図 I 滴定曲線

<式群>

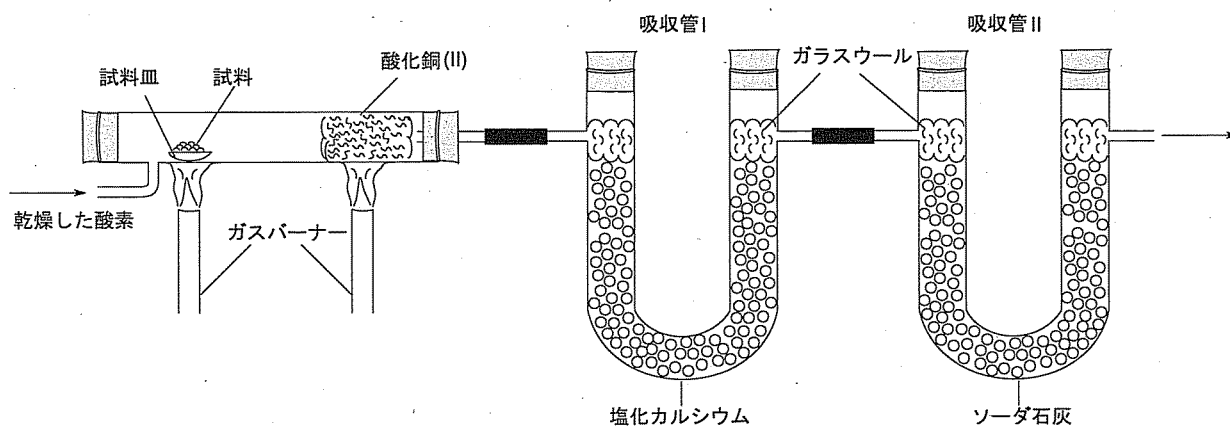
- $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$       …… ①
- $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$       …… ②
- $\text{HCl} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{H}^+$       …… ③
- $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$       …… ④
- $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$       …… ⑤
- $\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$       …… ⑥
- $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$       …… ⑦
- $\text{HCl} + \text{OH}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$       …… ⑧
- $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$       …… ⑨



3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(16点)

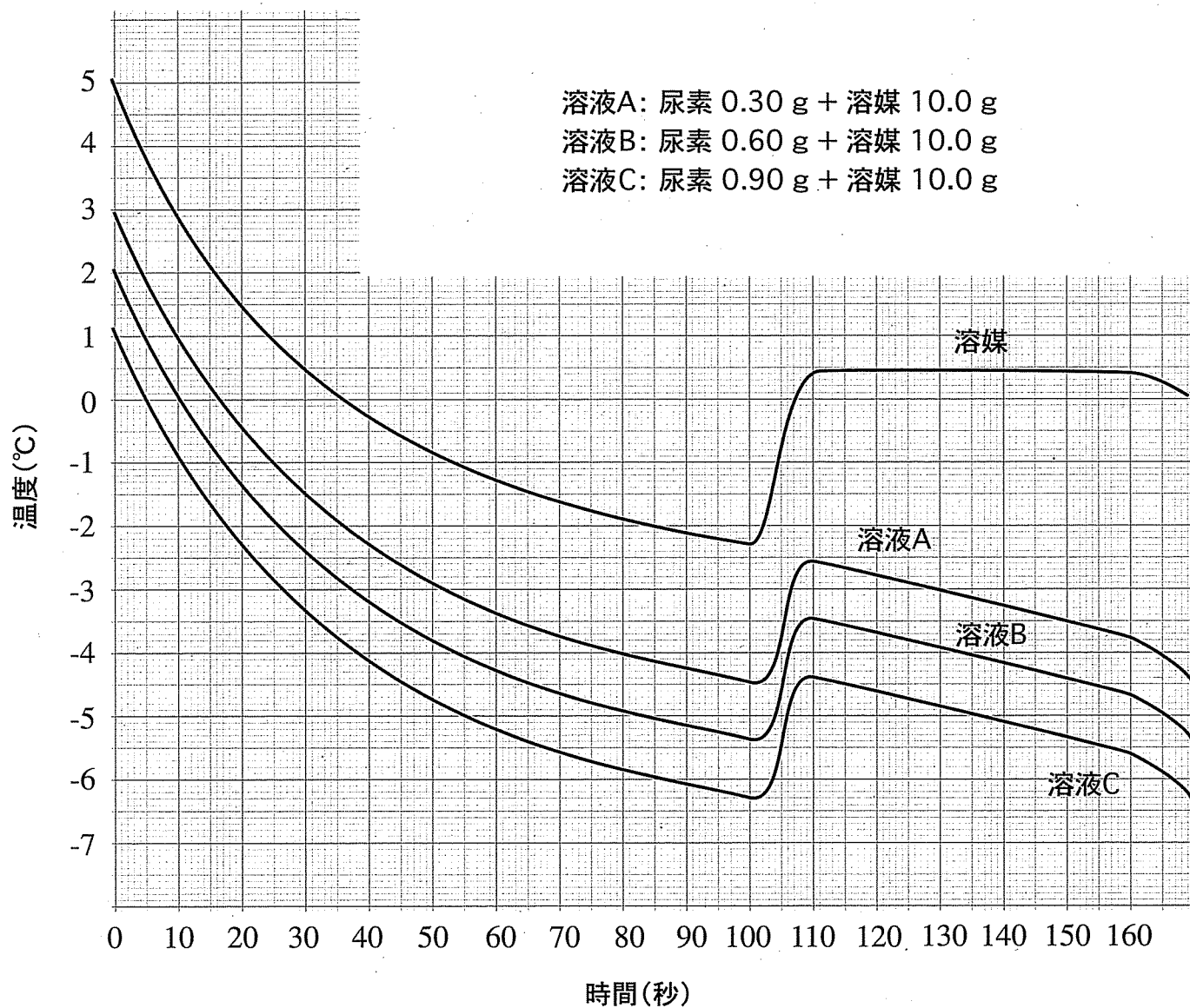
炭素、水素、酸素からなるアルコール X があり、X はヒドロキシ基以外の酸素原子をもたず、1つの炭素原子がヒドロキシ基を2つ以上もつこともない。また、X は不斉炭素原子をもたないものとする。アルコール X について、実験1～5を行った。

実験1 試料としてアルコール X 9.00 mg を図IIの実験装置を用いて完全燃焼させ、生じた燃焼ガスを吸収管IおよびIIで吸収したところ、吸収管Iは8.37 mg、吸収管IIは20.4 mg、それぞれ質量が増加した。



図II 元素分析装置

実験2 ある溶媒に尿素( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ , 分子量 60.0)を溶かした3種類の溶液A～Cと溶媒との温度変化をそれぞれ測定し、図IIIの冷却曲線を作成した。次に、アルコール X 1.00 g を同じ溶媒 10.0 g に溶かした溶液Dを調製し、その凝固点降下度を測定し求めたところ 1.59 K であった。



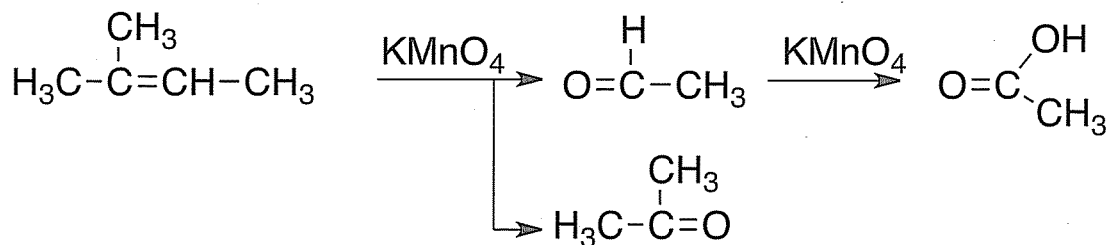
図III 溶媒と溶液の冷却曲線

実験3 アルコール X 5.80 g に十分な量の金属ナトリウムを作用させたところ、気体が発生した。

実験4 アルコール X に硫酸酸性の二クロム酸カリウム  $K_2Cr_2O_7$  水溶液を作用させたところ、カルボニル化合物が生じた。このカルボニル化合物とアンモニア性硝酸銀とを反応させたが、銀は析出しなかった。また、このカルボニル化合物に金属ナトリウムを作用させたところ、気体は発生しなかった。

実験5 アルコール X に濃硫酸を加えて加熱すると脱水反応が起こり、2種類の炭化水素が生じた。この混合物に硫酸酸性の過マンガン酸カリウム  $KMnO_4$  水溶液を加えると、すべての二重結合が開裂し3種類のアルデヒドが生じた。さらに酸化を続けると、3種類のジカルボン酸が得られた。

なお、過マンガン酸カリウム  $KMnO_4$  水溶液を用いた2-メチル-2-ブテンの酸化反応を例として図IVに示した。



図IV 2-メチル-2-ブテンの酸化

問1 実験1よりアルコール X の組成式を答えなさい。

問2 実験1と実験2よりアルコール X の分子式を推測し答えなさい。

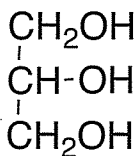
問3 実験3で発生した気体は何か名称を答えなさい。また、その気体の標準状態での体積(L)を答えなさい。ただし、その気体は理想気体としてふるまうものとする。

問4 実験3で発生した気体の採取法として最も適切な方法を(ア)~(ウ)の選択肢の中から1つ選び、記号で答えなさい。

(ア) 上方置換法 (イ) 下方置換法 (ウ) 水上置換法

問5 実験5で生じた3種類のジカルボン酸のうち、分子量が最も小さい化合物の名称を答えなさい。

問6 アルコール X の構造式を例にならって1つ書きなさい。ただし、立体異性体は考慮しなくてよい。



(例 グリセリンの構造式)