

令和5年度入学者選抜学力検査問題

9時30分—11時30分 工学部志願者(基盤工学科を志願した者)

10時00分—11時30分 農学部志願者(生物資源科学科・応用生命化学科・森林科学科を志願した者)

理 科 (本文29ページ)

(注意)

1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入すること。
3. この問題冊子には、「物理1頁～10頁(5問題)」、「化学11頁～21頁(3問題)」、「生物22頁～29頁(3問題)」の3科目の問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあった場合は、申し出ること。
4. 解答は、必ず解答用紙の解答欄に記入すること。所定の欄以外に記入したものは、無効である。
5. 工学部「基盤工学科」の志願者は、届け出た1科目を選択し、物理は第1問～第5問を、化学は第1問～第3問を解答すること。
6. 農学部「生物資源科学科」の志願者は、届け出た1科目を選択し、化学は第1問～第2問を、生物は第1問～第3問を解答すること。「応用生命化学科」の志願者は、化学の第1問～第2問を解答すること。「森林科学科」の志願者は、届け出た1科目を選択し、物理は第1問～第3問を、化学は第1問～第2問を、生物は第1問～第3問を解答すること。
7. 問題または解答用紙に指示がある場合は、必ず計算過程も記入すること。
8. 計算用紙は別に配付しないので、問題冊子の余白を使うこと。

化 学

(答えは解答用紙の所定欄に記入せよ。)

第1問から第3問について、必要があれば、次の数値を使うこと。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $I = 127.0$

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$, 気体はすべて理想気体とする。

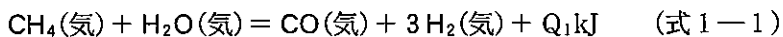
$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$

$\sqrt{2} = 1.4$, $\sqrt{3} = 1.7$, $\sqrt{5} = 2.2$

第1問 以下の問1および問2に答えよ。

問1 水素は燃焼しても水しか生成しないことから、クリーンなエネルギーとして、現在最も注目されている元素の1つである。水素およびその関連物質に関する以下の問い(1)~(5)に答えよ。

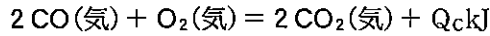
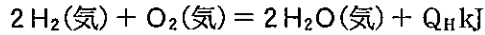
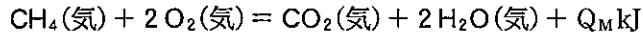
(1) 水素は工業的にメタンガスと水蒸気を反応させることにより製造されている。1 mol のメタンガスは1 mol の水蒸気と反応し、1 mol の一酸化炭素ガスと3 mol の水素ガスを生成する。この反応における熱化学方程式を式1-1に示す。



生成した1 mol の一酸化炭素ガスは更に1 mol の水蒸気と反応し、1 mol の二酸化炭素ガスと1 mol の水素ガスを生成する。この反応における熱化学方程式を式1-2に示す。



以下の3つの熱化学方程式を参考にして、式1-1における Q_1 と式1-2における Q_2 の和($Q_1 + Q_2$)を、 Q_M , Q_H および Q_C から必要なものを用いて表せ。



- (2) 式1-3に示すように、水は電離して水素イオンと水酸化物イオンを生成する。この電離定数は水のイオン積 K_w と呼ばれ、25℃では $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ である。



$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \quad (\text{式1-4})$$

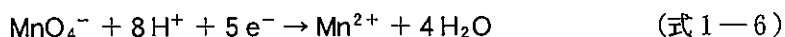
式1-4から、純水中の水素イオンの濃度は $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{K_w} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ である。 $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 塩酸の水素イオン濃度を以下のように求めた。 ~ に適切な語句、数値、数式あるいは文字式を入れよ。なお、水素イオン濃度は、有効数字2桁で表せ。

水から電離した水素イオンの濃度を $x (\text{mol/L})$ とすると、水から電離した水酸化物イオンの濃度は $[\text{mol/L}]$ となる。塩酸には HCl から電離した水素イオンと水から電離した水素イオンが含まれているので、式1-4から x についての2次方程式 が立てられる。この2次方程式を解くと2つの解が得られるが、濃度が負になることは無いので、 $x = \text{C}$ $[\text{mol/L}]$ となる。したがって、求める水素イオン濃度は、 $[\text{mol/L}]$ と計算される。

- (3) 水素イオンは酸化還元反応においても重要な役割を果たしている。硫酸水溶液中で、過酸化水素は式1-5のように酸化剤として働く。この反応を酸性条件で行う理由を簡潔に述べよ。



- (4) 過酸化水素は強い酸化剤に対して還元剤としても働くことがある。過マンガン酸カリウムと過酸化水素の半反応式は、式1-6と式1-7で表される。



式1-6と式1-7から、 MnO_4^- と H_2O_2 の酸化還元反応を1つのイオン反応式で表せ。

- (5) 過酸化水素は、傷口の殺菌消毒剤として市販されているオキシドールの成分である。この市販のオキシドールを蒸留水で20倍に希釈した。希釈したオキシドール20 mLを正確にはかり取り、コニカルピーカーに入れた後、希硫酸を加え酸性にした。ここに、0.015 mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液を少しずつ滴下し、26 mL加えたところで溶液は赤紫色になった。オキシドールに含まれる過酸化水素のモル濃度と質量パーセント濃度を有効数字2桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。ここでは、オキシドールの密度を1.0 g/mLとする。

問 2 次の文章を読んで、以下の問い(1)~(4)に答えよ。

α -アミノ酸は、酸性を示す 基と、塩基性を示す 基をもち、酸と塩基の両方の性質を示す。結晶中や水中では、 α -アミノ酸の 基から電離した水素イオンが 基に移るため、 α -アミノ酸は分子内に正と負の電荷を併せ持つ。このように1つの分子の中に、陽イオンの部分と陰イオンの部分が存在するイオンを という。水溶液中で、 α -アミノ酸は陽イオン、、陰イオンの形態で存在し、これらが平衡状態にある。このとき、各イオンの存在比率は溶液の pH によって変化する。 α -アミノ酸分子中の正電荷と負電荷の数が等しくなり、^①分子全体としての電荷が0になるときの pH を α -アミノ酸の という。

よりも低い pH のときには、 α -アミノ酸の電荷は正となり、^②
 よりも高い pH のときには、 α -アミノ酸の電荷は負となる。^③

α -アミノ酸のトリペプチドであるグルタチオン(図1-1)は抗酸化性を持つことから、医薬品としても使われている比較的身近な物質である。グルタチオンを完全に加水分解すると、3種類の α -アミノ酸が生成した。表1-1に、グルタチオンと生成した3種類の α -アミノ酸について、水溶液中で分子全体としての電荷が0になるときの pH を示す。

(1) ~ にあてはまる語句を記せ。

(2) α -アミノ酸が下線部①, ②, ③の状態にあるとき、その示性式を記せ。ただし、電離していない α -アミノ酸の示性式を、 $\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ とする。

(3) 図1-1のグルタチオンの構造式を参考にして、グルタチオンから生成した3種類の α -アミノ酸の構造式を記せ。なお、アミノ酸 A は酸性アミノ酸であり、アミノ酸 B はメルカプト基(-SH)をもつ。アミノ酸 C はもっとも簡単な構造の α -アミノ酸であり、不斉炭素原子をもたない。

- (4) pH が 4.0 である緩衝液に、グルタチオンとグルタチオンから生成した 3 種類のアミノ酸を溶解し、電気泳動を行った。4 つの物質のうち、陰極に移動するすべての物質を表 1-1 に示した名称を用いて答えよ。また、その理由を述べよ。

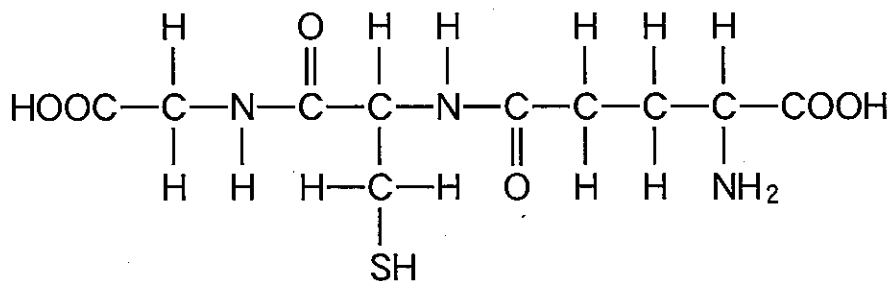


図 1-1 グルタチオンの構造式

表 1-1 水溶液中で分子全体としての電荷が 0 になるときの pH

物質	pH
グルタチオン	2.9
アミノ酸 A	3.2
アミノ酸 B	5.1
アミノ酸 C	6.0

第2問 以下の問1および問2に答えよ。

問1 次の文章を読んで、以下の問い(1)~(6)に答えよ。

化合物は、無機化合物と有機化合物に分類される。動植物に含まれる天然の有機化合物は、工業や農業などの産業や、私たちの生活に密接に関係している。例えば、キク科植物であるベニバナは観賞用以外に、染料および油脂などの有機化合物の原料として栽培されている。染料とは、溶媒に溶け、主に繊維の染色に用いられる色素のことである。ベニバナの色素は糸および布の染色の他に、天然の着色料として飲料や口紅などに使用される。また、ベニバナの種子から採取される油脂は、植物性油脂として食用に用いられる。一般的に、油脂をけん化すると、グリセリンと高級脂肪酸のナトリウム塩が生じる。この高級脂肪酸のナトリウム塩はセッケンと呼ばれ、油污れを落とす際などに使われる。

- (1) 下線部①について、炭素を含む無機化合物を2つ挙げ、その物質名と化学式を記せ。
- (2) 下線部②に関連して、標準大気圧下、室温で液体であり、炭素を含まない化合物を1つ挙げ、その物質名と構造式を記せ。
- (3) 下線部③が起こる理由を50~100字で述べよ。
- (4) 油脂100gに付加するヨウ素 I_2 の質量(g)の数値をヨウ素価といい、油脂に含まれるC=C結合の数を知る目安となる。下線部④の平均分子量が812、ヨウ素価は127であった。この油脂1分子中に含まれるC=C結合の数を求めよ。なお、計算過程も示し、解答は整数で答えよ。
- (5) 下線部⑤の反応が完全に進行し、高級脂肪酸のナトリウム塩として $C_{17}H_{35}COONa$ のみが得られた。この反応を化学反応式で表せ。
- (6) 下線部⑥が起こる理由を、以下の語句をすべて用いて100~150字で述べよ。
(ミセル, 乳濁液, コロイド粒子, 乳化作用)

問 2 炭化水素の水素原子を、ヒドロキシ基で置換したものをアルコールという。アルコールは燃料や溶媒のほか、医薬品や合成高分子の原料など、我々の生活に必要な不可欠なものである。アルコールに関する以下の問い(1)~(7)に答えよ。

- (1) $C_4H_{10}O$ の分子式で示されるアルコールには 4 つの構造異性体が存在する。すべての構造異性体の構造式を記せ。また、これらの構造中の不斉炭素原子を丸で囲め。
- (2) (1)で答えたアルコールをクロム酸で酸化することで得られる有機化合物の一般名をそれぞれ記せ。ただし、酸化されない場合は「なし」と答えよ。
- (3) (1)で答えた 4 つの構造異性体のうち、沸点が最も高いものと最も低いものの構造式を記せ。
- (4) エタノールに単体のナトリウムを加えたときの化学反応式を記せ。また、その時に発生する気体 A の名称を答えよ。
- (5) (4)で発生した気体 A を捕集するための装置の概略図を記せ。
- (6) 気体 A は、単体の亜鉛を用いる方法でも発生させることができる。その化学反応式を記せ。
- (7) 加熱した濃硫酸(160~170 °C)にエタノールを加えたところ、気体 B が発生した。気体 B の化合物名を答えよ。この反応が 50 % 進行したとき、標準状態で 5.6 L の気体 B が得られた。このとき、原料として加えたエタノールの体積[mL]を有効数字 2 桁で答えよ。なお、計算過程も記せ。ただし、エタノールの密度は 0.79 g/mL とし、エタノールや水の蒸気圧は無視できるものとする。

第3問 以下の問1および問2に答えよ。

問1 気体の反応に関する問い(1)~(7)に答えよ。



容積と温度を自由に変えることができる密閉容器がある。気体Xを入れた状態で容積を $V(\text{L})$ に固定し、温度を $T(\text{K})$ に保つと、式3-1の可逆反応が起こり気体Yと気体Zが生成し平衡状態に達した(平衡状態1)。

このとき、気体Yの分圧 $P_Y(\text{Pa})$ と気体Zの分圧 $P_Z(\text{Pa})$ は等しくなり、 P_Y は気体Xの分圧 $P_X(\text{Pa})$ の2.0倍であった。

(1) 平衡状態1におけるXおよびYのモル分率を有効数字2桁で求めよ。
なお、計算過程も記せ。

(2) 平衡状態1における全圧を $P(\text{Pa})$ とする。この反応の圧平衡定数 $K_p(\text{Pa})$ は数値 a と P の積として式3-2で表される。数値 a を有効数字2桁で求めよ。

$$K_p = a \times P \quad (\text{式3-2})$$

(3) 式3-1の正反応の反応速度 $v_1(\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s}))$ は気体Xのモル濃度に比例しており、その比例定数を $k_1[1/\text{s}]$ とする。平衡状態1における v_1 は数値 b と数式 \boxed{A} の積として式3-3で表される。数値 b を有効数字2桁で求めよ。また、 \boxed{A} にあてはまる数式を R, V, T, P, k_1 のうち必要なものを用いて表せ。

$$v_1 = b \times \boxed{A} \quad (\text{式3-3})$$

- (4) 式3-1の逆反応の反応速度 v_2 [mol/(L·s)] は気体 Y のモル濃度および気体 Z のモル濃度に比例しており、その比例定数を k_2 [L/(mol·s)] とする。平衡状態1における正反応の速度定数 k_1 は、数値 c 、数式 \boxed{B} 、 k_2 の積として式3-4で表される。

$$k_1 = c \times \boxed{B} \times k_2 \quad (\text{式3-4})$$

数値 c を有効数字2桁で求めよ。また、 \boxed{B} にあてはまる数式を R 、 V 、 T 、 P のうち必要なものを用いて表せ。

- (5) からの密閉容器(容積と温度を自由に変わることができる)を新たに用意し、0.60 mol の気体 X を入れて温度を 397 °C に保ち、容積を自由に変化させて平衡状態としたとき、全圧 P は 1.0×10^5 Pa、容積 V は 50 L となった(平衡状態2)。

このときの容器内に存在する Y の物質質量 n_Y [mol] を有効数字2桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。

- (6) 平衡状態2における濃度平衡定数 K_c [mol/L] を有効数字2桁で求めよ。

- (7) 平衡状態2の密閉容器に、温度と全圧を一定に保ちながらさらにヘリウムガスを加えて平衡状態とした(平衡状態3)。

平衡状態3における圧平衡定数 K_p [Pa] は、平衡状態2のときと比べて増大するか、減少するか、あるいは変化しないかを答えよ。また、その理由を述べよ。

問 2 次の文章を読んで、以下の問い(1)~(6)に答えよ。

一定の大気圧のもとで液体を加熱していくと、温度が高くなるにつれて蒸気圧は なる。蒸気圧が大気圧と比較して になると、液体の表面からだけでなく、内部からも盛んに蒸発が起こる。この現象が沸騰である。水とエタノールの蒸気圧曲線を図 3—1 に示す。

ある山頂で水を加熱して沸点を測定したところ、 90°C であった。このとき、^①水のかわりに食塩水を加熱したところ、^②沸点は水と比べて になった。

(1) ~ にあてはまる語句を、以下の3つのうちから答えよ。

「高く」、「等しく」、「低く」

(2) 標準大気圧(1 atm)下での水の沸点[$^{\circ}\text{C}$]とエタノールの沸点[$^{\circ}\text{C}$]を整数で答えよ。

(3) 下線部①の状態における大気圧(Pa)を有効数字2桁で答えよ。

(4) 標準大気圧(1 atm)で空気を封入した袋を(3)で求めた大気圧の下で確認したところ、膨張していた。このとき、袋の中の空気の体積は何倍に膨張したかを有効数字2桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。ただし、空気を封入した際の気温は山頂と同じとする。袋は十分な密閉性と伸縮性を有しているものとする。

(5) 下線部②になる理由を「蒸気圧」という語句を用いて述べよ。

(6) 水 3.6 g を 16.6 L の密閉容器に入れて 47 °C に保持した(平衡状態(i))。
 このときの容器内の圧力 [Pa] と液体で存在する水の質量 [g] を、それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。

次に、この密閉容器を 47 °C から 87 °C に加温し保持した(平衡状態(ii))。このときの容器内の圧力 [Pa] と液体で存在する水の質量 [g] を、それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。

液体の水が存在しない場合は、水の質量は「0」と書け。ただし、液体として存在する水の体積は密閉容器の体積に比べて十分に小さく無視できるものとする。また、密閉容器の体積は変わらないものとする。

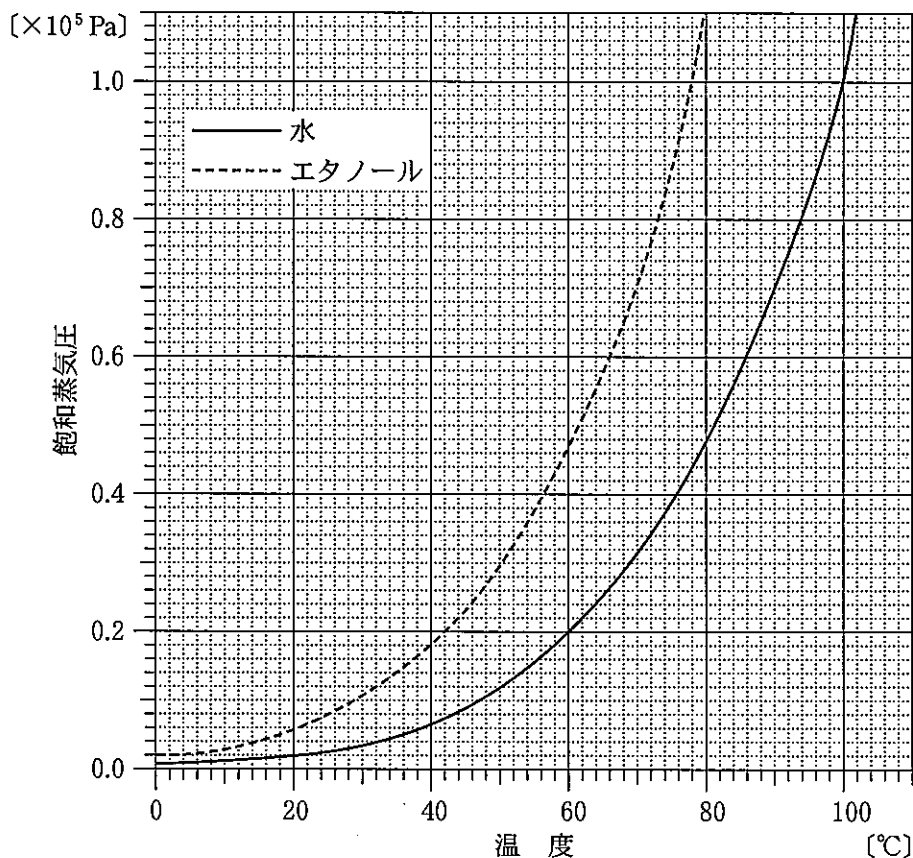


図 3—1 蒸気圧曲線