

化 学

解答上の注意

1. 解答は、解答用紙の解答欄にマークすること。
2. 気体は、実在気体とことわりがない限り、理想気体として扱うものとする。
3. 必要があれば次の値を用いること。

原子量：H = 1.0 C = 12 N = 14 O = 16 Mg = 24 Al = 27
 K = 39 Fe = 56 Cu = 64 Zn = 65 Ag = 108 Sn = 119
 I = 127 Pt = 195

気体定数 $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

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

1 次の文章を読み、後の問い(問1～4)に答えよ。

Mg, Al, Cu, Zn, Ag, Pt から選んだ5種類の金属A～Eについて、次の実験Ⅰ～Ⅴを行った。

実験Ⅰ 金属A～Eをそれぞれ濃硝酸に加えると、金属B～Dは溶解したが、金属Aと金属Eは溶解しなかった。

実験Ⅱ 金属B～Eをそれぞれ希硝酸に加えて溶解し、塩化ナトリウム水溶液を加えると金属Bを含む溶液のみ沈殿を生じた。

実験Ⅲ 金属A～Eの小片をそれぞれ塩化スズ(Ⅱ)水溶液に浸し、静置したところ、金属Dと金属Eの表面にはスズが析出したが、それ以外の金属表面にはスズが析出しなかった。

実験Ⅳ 金属Cと金属Dをそれぞれ希硝酸に加えて溶解し、硫化水素を十分に通じたところ、金属Cを含む溶液では沈殿を生じたが、金属Dを含む溶液では沈殿を生じなかった。このときの溶液の温度は25℃で、pHは3.0であった。

実験Ⅴ 金属Dを熱水(沸騰水)に加えても反応しなかった。

問1 金属A～Eのうち、次の(a)～(c)に当てはまる最も適切なものを、後の①～⑤のうちからそれぞれ1つずつ選べ。当てはまるものがない場合には①をマークせよ。同じものを繰り返し選んでもよい。

- | | | |
|---------------------------------------|---|---|
| (a) 展性・延性があらゆる金属中で最大 | <table border="1"><tr><td>1</td></tr></table> | 1 |
| 1 | | |
| (b) 電気や熱の伝導性があらゆる金属中で最大 | <table border="1"><tr><td>2</td></tr></table> | 2 |
| 2 | | |
| (c) 地殻中に存在する元素の割合(質量パーセント)があらゆる金属中で最大 | <table border="1"><tr><td>3</td></tr></table> | 3 |
| 3 | | |

- ① 金属A ② 金属B ③ 金属C ④ 金属D ⑤ 金属E

問 2 工業的な製法において、金属 A を付着した金網を 800 °C に熱し、触媒として用いる反応として最も適切なものを、次の①~⑥のうちから 1 つ選べ。 4

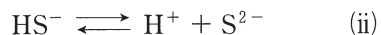
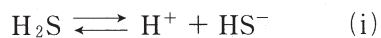
- ① $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \longrightarrow 2 \text{NH}_3$
- ② $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{SO}_3$
- ③ $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
- ④ $\text{CO} + 2 \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{OH}$
- ⑤ $4 \text{NH}_3 + 5 \text{O}_2 \longrightarrow 4 \text{NO} + 6 \text{H}_2\text{O}$
- ⑥ $3 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{HNO}_3 + \text{NO}$

問 3 実験Ⅲにおいて金属 E の表面に析出したスズの質量は $7.14 \times 10^{-2} \text{g}$ であった。溶出した金属 E の質量 [g] として最も適切な数値を、次の①~⑦のうちから 1 つ選べ。 5 g

- ① 7.14×10^{-2} ② 4.76×10^{-2} ③ 3.57×10^{-2} ④ 2.43×10^{-2}
- ⑤ 1.62×10^{-2} ⑥ 1.08×10^{-2} ⑦ 8.10×10^{-3}

問 4 実験Ⅳについて、次の(1), (2)に答えよ。

(1) 硫化水素は弱酸で、水溶液中では式(i), (ii)のように2段階で電離している。



水溶液中の硫化物イオンのモル濃度 $[\text{S}^{2-}]$ を表した式として最も適切なものを、次の①～⑧のうちから1つ選べ。ただし、硫化水素のモル濃度を $[\text{H}_2\text{S}]$ 、水素イオンのモル濃度を $[\text{H}^+]$ 、1段階目の電離定数を K_1 、2段階目の電離定数を K_2 とする。 6

- | | | |
|---|---|---|
| ① $\frac{K_1 K_2 [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]}$ | ② $\frac{(K_1 + K_2) [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]}$ | ③ $\frac{K_1 K_2 [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2}$ |
| ④ $\frac{(K_1 + K_2) [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2}$ | ⑤ $\frac{K_1 [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]}$ | ⑥ $\frac{K_2 [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]}$ |
| ⑦ $\frac{K_1 [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2}$ | ⑧ $\frac{K_2 [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2}$ | |

(2) 実験Ⅳでは生じなかった金属Dの硫化物の沈殿を生じさせるためには、溶液中の金属Dのイオンのモル濃度を 7 mol/L よりも高くしておく必要がある。 7 に入る数値として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。ただし、25℃において、金属Dの硫化物の溶解度積は 2.2×10^{-18} (単位省略)、硫化水素の飽和水溶液のモル濃度は0.10 mol/L、硫化水素の電離定数 K_1 は 9.6×10^{-8} mol/L、 K_2 は 1.3×10^{-14} mol/Lとする。

- | | | |
|------------------------|------------------------|-------------------------|
| ① 1.8×10^{-2} | ② 1.8×10^{-3} | ③ 1.8×10^{-4} |
| ④ 1.8×10^{-5} | ⑤ 1.8×10^{-6} | ⑥ 1.8×10^{-7} |
| ⑦ 1.8×10^{-8} | ⑧ 1.8×10^{-9} | ⑨ 1.8×10^{-10} |

次のページに続く

2 次の文章を読み、後の問い(問1, 2)に答えよ。

鉄は単体やイオンの状態で様々な性質を示す。

単体の鉄は、温度によって結晶構造が変化する。室温における鉄の結晶構造は体心立方格子であり、単位格子中には 個の鉄原子が含まれ、このときの鉄を α 鉄と呼ぶ。しかし、鉄を約 900~1400 °C にすると結晶構造は面心立方格子に変化し、単位格子中には 個の鉄原子が含まれることになり、このときの鉄を γ 鉄と呼ぶ。

鉄イオン Fe^{2+} は、ヒトの複合タンパク質であるヘモグロビンに含まれている。空気中の酸素は、呼吸によって肺で血液に取り込まれ、血液中の赤血球内にあるヘモグロビンと結合することにより、ヒトの各組織に運搬される。ヒトのヘモグロビンには、ヘモグロビンA やヘモグロビンFがあり、いずれも4本のポリペプチド鎖が集合した複合体で、それぞれのポリペプチド鎖にはヘムが1分子ずつ含まれる。ヘムは、 Fe^{2+} に環状有機化合物の窒素原子が配位結合した構造をもっており、ヘム1分子には1個の Fe^{2+} が含まれている。血液中の酸素分子は、ヘモグロビン中のヘムに含まれる Fe^{2+} に結合して運搬されるが、その際、1個の Fe^{2+} に対して1個の酸素分子が結合することができる。

問1 , に入る最も適切な数を、次の①~⑨のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 10

問2 下線部アについて、ヘモグロビンAに含まれる Fe^{2+} の割合は、質量パーセントで 0.35 % である。次の(1)~(4)に答えよ。

(1) ヘモグロビンAの分子量を求めよ。 には一の位の数字(0を除く)を、 には小数第1位の数字を、 には1桁の指数の数字をマークせよ。小数第2位以下がある場合には四捨五入せよ。

$$\text{10} . \text{11} \times 10^{\text{12}}$$

- (2) ヘモグロビン A 6.4 g を水に溶かして 100 mL とした水溶液の 27 °C における浸透圧 [Pa] を求めよ。ただし、ヘモグロビン A は電離しないものとする。 には一の位の数字(0を除く)を、 には小数第 1 位の数字を、 には 1 桁の指数の数字をマークせよ。小数第 2 位以下がある場合には四捨五入せよ。

$$\boxed{13} . \boxed{14} \times 10^{\boxed{15}} \text{ Pa}$$

- (3) ヘモグロビン A 1.0 g に酸素が結合している。このヘモグロビン A から酸素をすべて取り出して回収したところ、その酸素は、37 °C、 1.0×10^5 Pa で 1.22 mL であった。このヘモグロビン A 1.0 mol あたりには、何 mol の酸素分子が結合していたか。最も近い数値を、次の①~⑨のうちから 1 つ選べ。 mol

- ① 0.50 ② 0.75 ③ 1.0 ④ 1.5 ⑤ 2.0
⑥ 2.5 ⑦ 3.0 ⑧ 3.5 ⑨ 4.0

- (4) 100 mL の血液中に含まれるヘモグロビン A に結合している酸素分子の数が 6.0×10^{20} 個であるとき、血液 100 mL に含まれるヘモグロビン A の質量 [g] を求めよ。ただし、血液中のヘモグロビン A の Fe^{2+} にはすべて酸素分子が結合しているものとする。

には十の位の数字を、 には一の位の数字をマークせよ。小数点以下がある場合には四捨五入せよ。該当する位がない場合には⑩をマークせよ。

$$\boxed{17} \quad \boxed{18} \text{ g}$$

3 次の文章を読み、後の問い(問1～6)に答えよ。

分子量が884で、炭素、水素、酸素のみからなる油脂Xについて、次の実験Ⅰ～Ⅳを行った。

実験Ⅰ 油脂X 8.84 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 25.1 mg と水 9.36 mg が生じた。

実験Ⅱ 油脂X 100 g に対してヨウ素を加えて完全に反応させると、86.2 g のヨウ素が付加した。

実験Ⅲ 油脂X 1.0 g に対して0.10 mol/L 水酸化カリウム水溶液を加えて完全に加水分解したところ、4種類の物質A～Dを生じた。

実験Ⅳ 物質A～Dのそれぞれに対し触媒を用いて十分な量の水素を作用させたところ、物質Aと物質Dは反応しなかったが、物質Bと物質Cでは炭素-炭素二重結合への付加反応が起こり、いずれも物質Aを生じた。また、この反応において、物質Cには、同じ物質量の物質Bと比べて2倍の物質量の水素が付加した。

問1 実験Ⅰ～Ⅲと関係の深い語として最も適切なものを、次の①～⑧のうちからそれぞれ1つずつ選べ。

実験Ⅰ

実験Ⅱ

実験Ⅲ

① ヨウ素価

② ヨウ素デンプン反応

③ ヨードホルム反応

④ キザントプロテイン反応

⑤ 系統分離(系統分析)

⑥ 元素分析

⑦ ビウレット反応

⑧ けん化

問 2 油脂 X の分子式を $C_{\text{イ}}H_{\text{ロ}}O_{\text{ハ}}$ としたとき、イとロに当てはまる最も適切な数値を、次の①～⑨のうちからそれぞれ 1 つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

イ

ロ

- ① 51 ② 53 ③ 55 ④ 57 ⑤ 59
⑥ 80 ⑦ 104 ⑧ 128 ⑨ 152 ⑩ 176

問 3 実験Ⅱより、油脂 X 1.0 mol に付加するヨウ素分子の物質質量 [mol] として最も近い数値を、次の①～⑨のうちから 1 つ選べ。 mol

- ① 1.0 ② 2.0 ③ 3.0 ④ 4.0 ⑤ 5.0
⑥ 6.0 ⑦ 7.0 ⑧ 8.0 ⑨ 9.0

問 4 実験Ⅲについて、過不足なく反応させるのに必要な 0.10 mol/L 水酸化カリウム水溶液の体積 [mL] として最も近い数値を、次の①～⑩のうちから 1 つ選べ。 mL

- ① 0.38 ② 0.57 ③ 1.1 ④ 2.3 ⑤ 3.4
⑥ 3.8 ⑦ 5.7 ⑧ 11 ⑨ 23 ⑩ 34

問 5 物質 A～D の分子式として最も適切なものを、次の①～⑩のうちからそれぞれ 1 つずつ選べ。

物質 A 物質 B 物質 C 物質 D

- ① $C_3H_8O_2$ ② $C_3H_8O_3$ ③ $C_{16}H_{25}O_2K$ ④ $C_{16}H_{27}O_2K$
⑤ $C_{16}H_{29}O_2K$ ⑥ $C_{16}H_{31}O_2K$ ⑦ $C_{18}H_{29}O_2K$ ⑧ $C_{18}H_{31}O_2K$
⑨ $C_{18}H_{33}O_2K$ ⑩ $C_{18}H_{35}O_2K$

問 6 次の(1)~(3)について、油脂 X、物質 A、物質 D のそれぞれが当てはまる場合を○、当てはまらない場合を×としたときの組合せとして最も適切なものを、後の①~⑧のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

- (1) 極性のある官能基を含んでいる。
- (2) 水中でミセルを形成することができる。
- (3) 水と任意の割合で溶け合う。

30
31
32

	油脂 X	物質 A	物質 D
①	○	○	○
②	○	○	×
③	○	×	○
④	×	○	○
⑤	○	×	×
⑥	×	○	×
⑦	×	×	○
⑧	×	×	×

