

Z会東大進学教室

直前東医歯大化学

【2回目】



問題

【1】

解答・解説

問1 水は半透膜を通過できるが、タンパク質は通過することができないので、水のみが右側から左側に浸透する。(49字)

問2 水溶液柱と水銀柱の質量は等しく(底面にかかる圧力は等しく)、水銀柱の高さを h [cm] とすると

$$1.0[\text{g}/\text{cm}^3] \times 10.0[\text{cm}] = 13.6[\text{g}/\text{cm}^3] \times h[\text{cm}]$$

$$\therefore h = \frac{10.0}{13.6} [\text{cm}] = \frac{10.0}{13.6} \times 10[\text{mm}]$$

タンパク質の分子量を M とすると

$$\left(\frac{10.0}{13.6} \times 10 \times \frac{1.0 \times 10^5}{760} \right) \times \frac{100 + \frac{10.0}{2} \times 2.00}{1000} = \frac{5.81}{M} \times (8.31 \times 10^3) \times (273 + 20.0)$$

$$\therefore M = 1.32 \times 10^5$$

(答) 1.3×10^5

問3 液面の高さを同じにするためには、高さを 5.00cm 減少させなければならないので、同じ高さにした後の圧力を $P \times 10^5$ [Pa] とすると

$$1.00 \times 10^5 \times 100 = P \times 10^5 \times (100 - 5.00 \times 2.00) \quad \therefore P = \frac{10}{9}$$

水溶液の体積は 100 mL で、圧力を加える前後で、 $IV = (\text{一定})$ が成り立つので、圧力を加えた後の浸透圧を π [Pa] とすると、次式が成り立つ。

$$\left(\frac{10.0}{13.6} \times 10 \times \frac{1.0 \times 10^5}{760} \right) \times 110 = \pi \times 100$$

$$\therefore \pi = \frac{10.0}{13.6} \times 10 \times \frac{1.0 \times 10^5}{760} \times 1.1 [\text{Pa}]$$

よって、加えた圧力は

$$\left(\frac{10.0}{13.6} \times 10 \times \frac{1.0 \times 10^5}{760} \times 1.1 \right) + \left(\frac{10}{9} - 1.00 \right) \times 10^5 = 0.121 \times 10^5 = 1.21 \times 10^4 [\text{Pa}]$$

(答) $1.2 \times 10^4 \text{Pa}$

問4 左側に溶けているタンパク質の物質量は

$$\frac{5.81}{1.32 \times 10^5} = 4.40 \times 10^{-5} [\text{mol}]$$

である。 Ca^{2+} は半透膜を自由に通過することができるので、 Ca^{2+} の濃度は左側も右側も等しく、 $3.00 \times 10^{-4} \text{mol/L}$ である。はじめに溶解した塩化カルシウムは

$$\frac{1.11 \times 10^{-2}}{111} = 1.00 \times 10^{-4} [\text{mol}]$$

左側と右側の体積の合計は 200 mL であるから、溶液中に存在する Ca^{2+} の物質量は

$$(3.00 \times 10^{-4}) \times \frac{200}{1000} = 6.00 \times 10^{-5} [\text{mol}]$$

ゆえに、タンパク質と結合していた Ca^{2+} は

$$1.00 \times 10^{-4} - 6.00 \times 10^{-5} = 4.00 \times 10^{-5} [\text{mol}]$$

よって結合した割合は

$$\frac{4.00 \times 10^{-5}}{4.40 \times 10^{-5}} \times 100 = 90.9 [\%]$$

(答) 91%

問5 左側の水溶液のタンパク質はカルシウムイオンと結合した状態で溶解しているので、タンパク質濃度は変化しない。よって、双方の液面の高さの差は変化しない。(73字)

問6 タンパク質は完全に沈殿し、塩化カルシウムと硫酸アンモニウムはイオンに電離しており、浸透圧を生じないため、双方の液面の高さの差はなくなる。(68字)

【配点のめやす】 24点

問1 2点

問2 4点

問3 5点

問4 5点

初めに溶かしたタンパク質の物質量と塩化カルシウムの物質量が求められて、部分点各1点

問5 4点

結果のみは1点

問6 4点

結果のみは1点

【2】

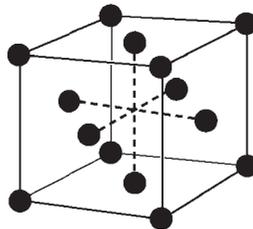
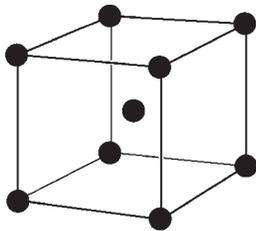
解答・解説

問1 以下に示すもののうち、3つを記せばよい。

- ・BeとMgは常温の水とは反応しない。(18字)
- ・BeとMgは炎色反応を示さない。(16字)
- ・BeとMgの酸化物は水にほとんど溶けない。(21字)
- ・BeとMgの水酸化物は水にほとんど溶けない。(22字)
- ・BeとMgの硫酸塩は水によく溶ける。(18字)

問2 (イ) 体心立方格子

面心立方格子



(ロ) 面心立方格子では構成粒子が面の対角線上で接しているため、単位格子の一辺の長さを $l[\text{cm}]$ とすると

$$l : 2a = 1 : \sqrt{2} \quad \therefore l = \sqrt{2}a$$

また、単位格子中に含まれる原子は4個であるので密度は次のように求められる。

$$\frac{\frac{40}{N_A} \times 4}{(\sqrt{2}a)^3} = \frac{40\sqrt{2}}{a^3 N_A} [\text{g/cm}^3]$$

(答) $\frac{40\sqrt{2}}{a^3 N_A} [\text{g/cm}^3]$

(ハ) 体心立方格子では構成粒子が立方体の体対角線上で接しているため、単位格子の一辺の長さを $L[\text{cm}]$ とすると

$$L = \frac{2a}{\sqrt{3}}$$

また、単位格子中に含まれる原子は2個である。(ロ)と同様に考えて

$$\frac{\frac{40}{N_A} \times 2}{\left(\frac{2}{\sqrt{3}}a\right)^3} = \frac{30\sqrt{3}}{a^3 N_A} [\text{g/cm}^3]$$

体積 = $\frac{\text{質量}}{\text{密度}}$ より、同質量の金属の格子形の変化(面心立方→体心立方)における体積

比は、密度比に反比例するので、体積増加率は

$$\left\{ \left(\frac{30\sqrt{3}}{a^3 N_A} \right)^{-1} - \frac{40\sqrt{2}}{a^3 N_A} \right\} - 1 \times 100 = \left(\frac{4}{9} \sqrt{6} - 1 \right) \times 100 = 8.41[\%]$$

(答) 8.4%

問3 アルカリ土類金属の単体はイオン化傾向が大きく、水溶液の電気分解によって析出させることができないから。(50字)

問4 もとの質量の79.1%になったとき、水が完全になくなったのだから、減少量について次の式が成り立つ。

$$\frac{18n}{136+18n} = \frac{100-79.1}{100} \quad \therefore n=2$$

また、もとの質量の84.3%になったとき、 $\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ になったのだから、減少量について次の式が成り立つ。

$$\frac{18(2-x)}{136+18 \times 2} = \frac{100-84.3}{100} \quad \therefore x=0.50$$

(答) 0.50

問5 胃液は強い酸性を示すので、弱酸の塩である炭酸バリウムは胃液に溶解し、有毒なバリウムイオンを生じるから。(51字)

問6 BaC_2O_4 の沈殿が生じ始めるときの $[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$ を求める。いま、溶液中には 0.100 mol/L の Ba^{2+} が存在しており、沈殿が生じ始めるとき、両イオンの濃度の積は、溶解度積と等しくなるので

$$0.100 \times [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 1.1 \times 10^{-8} \quad \therefore [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 1.1 \times 10^{-7} [\text{mol/L}]$$

溶解度積は BaC_2O_4 よりも CaC_2O_4 の方が小さいため、すでに、 CaC_2O_4 の沈殿は生じている。よって、溶液中に残存する $[\text{Ca}^{2+}]$ は

$$[\text{Ca}^{2+}] \times (1.1 \times 10^{-7}) = 2.7 \times 10^{-9} \quad \therefore [\text{Ca}^{2+}] = 0.0245 [\text{mol/L}]$$

いま、沈殿生成による溶液の体積変化は無視できるので、沈殿したカルシウムイオンの割合は

$$\frac{0.100 - 0.0245}{0.100} \times 100 = 75.5[\%]$$

(答) $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ のモル濃度： $1.1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 以下、沈殿した Ca^{2+} の割合：76%

【配点のめやす】 41点

問1 6点(各2点)

問2 イ 6点(各3点)

ロ 3点

ハ 6点

体心立方格子の密度の式が求められていれば部分点2点

問3 4点

問4 4点

問5 4点

問6 8点(各4点)

【3】

解答・解説

問1 元素分析値より

$$\begin{aligned} \text{C} : \text{H} : \text{N} : \text{O} &= \frac{67.8}{12} : \frac{6.3}{1.0} : \frac{7.9}{14} : \frac{100 - (67.8 + 6.3 + 7.9)}{16} \\ &= 5.65 : 6.30 : 0.564 : 1.125 \approx 10 : 11 : 1 : 2 \end{aligned}$$

組成式は $\text{C}_{10}\text{H}_{11}\text{NO}_2$ (組成式量 177) である。いま、A の分子量は $\frac{8.85}{2.50 \times 10^{-2}} = 354$ であるから、
分子式は $\text{C}_{20}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_4$ となる。

(答) 分子量：354，分子式： $\text{C}_{20}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_4$

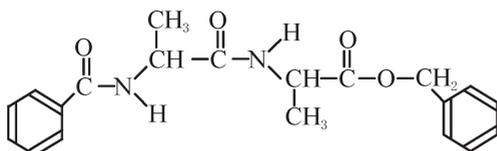
問2 A 1 mol から B が 1 mol，C が 1 mol，D が 2 mol 生じるので，B，C，D の物質量は，
順に 2.50×10^{-2} mol， 2.50×10^{-2} mol， 5.00×10^{-2} mol となる。いま，B の分子式が $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ で，
中性の芳香族化合物であることから，B の示性式は $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$ と決まる。B を酸化後，
硫酸酸性にして C が得られたのだから C の示性式は $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ と決まる。また，D 4.45 g
が 5.00×10^{-2} mol に相当するので，D の分子量は

$$\frac{4.45}{5.00 \times 10^{-2}} = 89.0$$

D はニンヒドリン反応陽性であるので，示性式は $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ と決まる。

(答) C：分子量 122，分子式 $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ ，D：分子量 89.0，分子式 $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$

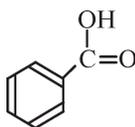
問3 A



B $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$



C



問4 B は中性で水に溶けにくい物質であり，C は冷水には溶けにくい，水酸化ナトリウム
水溶液と中和して塩となり水に可溶となるから，混合物に水酸化ナトリウム水溶液を加え，
分液漏斗を用いて，エーテルで B を抽出し，分留して B を得る。水層に硫酸を加え，C を
遊離させエーテルで抽出し，分留する。

問5 (イ) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COO}^-$ (ロ) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COO}^-$ (ハ) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COO}^-$

問6 グルコースが燃焼するときの熱化学方程式は

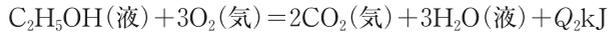


問題文で与えられた熱化学方程式を上から順に①～④式とすると，グルコースの燃焼熱は，
 $6 \times ① + 6 \times ② - ③$ より

$$Q_1 = 6 \times 394 + 6 \times 286 - 1273 = 2807 [\text{kJ/mol}]$$

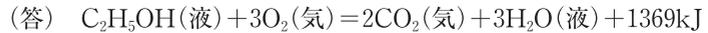
(答) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{固}) + 6\text{O}_2(\text{気}) = 6\text{CO}_2(\text{気}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 2807 \text{kJ}$

問7 エタノールが燃焼するときの熱化学方程式は



問6と同様に考えると、 $2 \times \text{①} + 3 \times \text{②} - \text{④}$ より

$$Q_2 = 2 \times 394 + 3 \times 286 - 277 = 1369 [\text{kJ/mol}]$$



問8 (問6の式) $- 2 \times$ (問7の式)より、

$$Q_3 = 2807 - 2 \times 1369 = 69 [\text{kJ/mol}]$$



問9 燃焼では、熱や光の形ですべて放出され、エネルギーを一度しか得ることができないが、好気呼吸では反応によって発生したエネルギーの一部がATPに変換され、必要に応じて、生体内で再度利用することができる。(98字)

問10 嫌気呼吸では、生成物が完全に酸化されず、好気呼吸よりも放出されるエネルギーが小さく、ATP合成量も少ないため。(55字)

問11 酵素はタンパク質を主体とする物質で、活性部位と一致する特定の基質にのみ作用する。また、最適温度や最適pHが存在し、これらから大きく外れた条件では立体構造の変化などにより反応速度が大きく低下する。(97字)

【配点のめやす】 35点

問1 3点(分子量1点, 分子式2点)

問2 6点(C; 分子量1点, 分子式2点, D; 分子量1点, 分子式2点)

問3 8点(A 4点, B, C各2点)

問4 3点

- ・分液漏斗を用いる。1点
- ・強塩基の水溶液を加える。エーテル層からBを得る。1点
- ・次に水層に強酸の水溶液を加える。エーテルを加えてCを抽出する。1点

問5 3点(各1点)

問6 2点

- ・熱化学方程式の係数などは正しいが、反応熱が間違っているものは不可(問7, 8も同様)
- ・反応熱は正しいが、熱化学方程式の係数などにミスがあるものは不可(問7, 8も同様)

問7 2点

問8 2点

問9 2点

- ・好気呼吸ではATPを生成し、生体内で再利用することができることが述べられて1点
- ・燃焼との違いを述べられて1点

問10 2点

- ・嫌気呼吸では、生成物が完全に酸化されないため、放出エネルギーが小さいことが述べられて1点
- ・ATP合成量が少ないことが述べられて1点

問11 2点

- ・基質特異性について述べられて1点
- ・最適温度・pHについて述べて1点



会員番号	
------	--

氏名	
----	--