

直前東工大化学

【1 回目】



問題

【1】

解答・解説

1

問 i 問 A 求める四角柱の体積 $a \times 10^{-9} \times \frac{\sqrt{3}a \times 10^{-9}}{2} \times b \times 10^{-9} = \frac{\sqrt{3}a^2b \times 10^{-27}}{2} \text{ [m}^3\text{]}$

問 B 四角柱に含まれる原子数は

$$\frac{1}{6} \times 2 + \frac{1}{3} \times 1 + \frac{1}{12} \times 4 + \frac{1}{6} \times 2 = \frac{4}{3} \text{ [個]}$$

である。問 A より、黒鉛の結晶の密度は

$$\frac{\frac{m}{N} \times \frac{4}{3} \text{ [g]}}{\frac{\sqrt{3}a^2b \times 10^{-27}}{2} \text{ [cm}^3\text{]}} = \frac{8m \times 10^{21}}{3\sqrt{3}a^2bN} = \frac{8\sqrt{3}m \times 10^{21}}{9a^2bN}$$

(答) A : 3, B : 1

問 ii 問 A 面心立方格子には、単位格子 1 個あたり 4 個の粒子が含まれるので、本問の条件では、平均すると単位格子 1 個あたり C_{60} 分子 2 個、ネオン内包 C_{60} 分子 1 個、アルゴン内包 C_{60} 分子 1 個が含まれることになる。単位格子 1 個の質量から、この分子結晶の密度を求めると、次のようになる。

$$\frac{\frac{720}{6.00 \times 10^{23}} \times 2 + \frac{740}{6.00 \times 10^{23}} + \frac{760}{6.00 \times 10^{23}}}{(1.42 \times 10^{-9} \times 10^{-2})^3} = 1.711 \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

(答) 1.71g/cm³

問 B 0.210g の混合気体に含まれるネオンとアルゴンの物質量をそれぞれ x [mol], y [mol] とすると、この混合気体について次式が成り立つ。

$$1.00 \times 10^5 \times \frac{49.8}{1000} = (x + y) \times 8.30 \times 10^3 \times 100$$

また、この混合気体の質量が 0.210g であることから

$$20x + 40y = 0.210$$

$$\therefore x = 1.5 \times 10^{-3}, y = 4.5 \times 10^{-3}$$

したがって、分子結晶 9.21g に含まれていた C_{60} 分子の物質量は

$$\frac{9.21 - (740 \times 1.5 \times 10^{-3} + 760 \times 4.5 \times 10^{-3})}{720} = 6.5 \times 10^{-3} \text{ [mol]}$$

C_{60} 分子およびネオン内包 C_{60} 分子の物質量の割合は

$$C_{60} \text{ 分子 : } \frac{6.5 \times 10^{-3}}{6.5 \times 10^{-3} + 1.5 \times 10^{-3} + 4.5 \times 10^{-3}} \times 100 = 52 \text{ [\%]}$$

$$\text{ネオン内包 } C_{60} \text{ 分子 : } \frac{1.5 \times 10^{-3}}{6.5 \times 10^{-3} + 1.5 \times 10^{-3} + 4.5 \times 10^{-3}} \times 100 = 12 \text{ [\%]}$$

(答) C_{60} 分子 : 52%, ネオン内包 C_{60} 分子 : 12%

2

問 i (答) $K = \frac{k_1}{k_2}$

問 ii 問 A (ア)の平衡状態から追加した I_2 の物質量を x [mol], 新しい平衡状態となるまでに反応した H_2 と I_2 の物質量を y [mol] とすると, 反応の量的関係は以下の通り (単位: mol)。

	H_2	+	I_2	$\rightleftharpoons$	$2HI$
最初	30.0		20.0		0
変化量	-18.0		-18.0		+36.0
(ア)	12.0		2.0		36.0

新しい平衡状態 $12.0 - y$ $2.0 + x - y$ $36.0 + 2y$

$v_2 = k_2 [HI]^2$ において新しい平衡状態の v_2 が(ア)の平衡状態の 2.25 倍であったことより

$$(36.0 + 2y)^2 = 36.0^2 \times 2.25$$

$$\therefore 36.0 + 2y = 36.0 \times 1.5$$

$$\therefore y = 9.0 \text{ [mol]}$$

同じように考えて

$$(12.0 - 9.0)(2.0 + x - 9.0) = 12.0 \times 2.0 \times 2.25$$

$$\therefore 3 \times (x - 7.0) = 24.0 \times 2.25$$

$$\therefore x = 25.0 \text{ [mol]}$$

(答) 25mol

問 B 容器の容積を V とすると, 次の式が成り立つ。

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\left(\frac{36.0}{V}\right)^2}{\frac{12.0}{V} \times \frac{2.0}{V}} \times \frac{\frac{12.0}{V} \times \frac{(2.0+25)}{V}}{\left(\frac{36.0}{V}\right)^2} = \frac{27}{2} = 13.5$$

(答) 14 倍

問 iii 1. 過酸化水素水 500mL 中に含まれている過酸化水素の物質量は

$$0.60 \times \frac{500}{1000} = 0.30 \text{ [mol]}$$

また, 生成した酸素は

$$\frac{1.0 \times 10^5 \times 2.49}{300 \times 8300} = 0.10 \text{ [mol]}$$

生成した酸素の 2 倍の過酸化水素が反応しているので, 反応した過酸化水素をモル濃度で表すと

$$0.20 \times \frac{1000}{500} = 0.40 \text{ [mol/L]}$$

50 秒間に過酸化水素が 0.40mol/L 分解したので, 平均の分解速度は, 次のようになる。

$$\frac{0.40}{50} = 8.0 \times 10^{-3} \text{ [mol/(L} \cdot \text{s)]}$$

(誤)

2. 50 秒後に残った過酸化水素のモル濃度は

$$0.10 \times \frac{1000}{500} = 0.20 \text{ [mol/L]}$$

(正)

(答) 2

- 3 x [mol] の二酸化炭素が水に溶け、容器内の圧力が P [Pa] になったとする。気相部分について

$$P \times 1.12 = (0.050 - x) \times 8.3 \times 10^3 \times 273$$

$$\therefore P = \frac{(0.050 - x) \times 8.3 \times 10^3 \times 273}{1.12} \doteq (1.01 - 20.2x) \times 10^5 \text{ [Pa]}$$

液相部分について、次の式が成り立つ。

$$x = \frac{1.7P}{22.4 \times 10^5} = \frac{1.7 \times (1.01 - 20.2x) \times 10^5}{22.4 \times 10^5} \text{ [mol]}$$

$$\therefore x = 3.02 \times 10^{-2} \text{ [mol]} \quad \therefore P = 3.99 \times 10^4 \text{ [Pa]}$$

(答) 問 i : 4.0×10^4 Pa, 問 ii : 3.0×10^{-2} mol

【配点のめやす】(40 点)

- 1 問 i 問 A 4 点, 問 B 4 点
問 ii 問 A 5 点, 問 B 6 点(各 3 点)
- 2 問 i 3 点
問 ii 問 A 4 点, 問 B 4 点
問 iii 4 点(正答にあわせて誤答を答えているものは 2 点)
- 3 問 i 3 点
問 ii 3 点

【2】

解答・解説

4 A ; CaCO_3 , B ; NaCl , C ; CO_2 , D ; $\text{Ca}(\text{OH})_2$, E ; NH_3 , F ; NH_4Cl , G ; NaHCO_3

問 i 2. 酸性塩は G のみである。(誤)

(答) 2

問 ii 炭酸ナトリウムは 14.0mol 生成する。さらに、第 5 段階で副生した二酸化炭素 CO_2 14.0mol を再利用し、かつ、もう一度 28.0mol の炭酸カルシウムを用いて第 1 段階の反応を行うと、二酸化炭素は $14.0+28.0=42.0$ [mol] 生成する。これを用いて第 3 段階、第 5 段階の反応を行うと、炭酸ナトリウムは $42.0 \times \frac{1}{2} = 21.0$ [mol] 生成するので、はじめに生成した 14.0mol とあわせて $14.0+21.0=35.0$ [mol] 得られることになる。

(答) 35mol

問 iii 得られた混合物 180g に含まれる炭酸ナトリウムの質量の割合を $x(0 \leq x \leq 1)$ とすると、残存している炭酸水素ナトリウムの質量の割合は $1-x$ と表される。炭酸ナトリウムは 2 価の塩基、炭酸水素ナトリウムは 1 価の塩基としてはたらくことに注意して、中和の量的関係を考える。

$$\left\{ \frac{180x}{106} \times 2 + \frac{180(1-x)}{84} \times 1 \right\} \times \frac{20.0}{5.00 \times 10^3} = 0.200 \times \frac{65.0}{1000} \times 1 \quad \therefore x = 0.883$$

(答) 88%

5 問 i (答) 3, 6

問 ii 問 A 図①は原子番号の増加にともなって沸点が低くなっている、ハロゲン化ナトリウム NaX の沸点を示していると考えられる。図②は X が F の場合に高い沸点を示し、それ以外は原子番号の増加にともなって沸点が高くなっている、ハロゲン化水素 HX の沸点を示していると考えられる。

(答) 図① ; 3, 図② ; 2

問 B (答) 3, 6

【配点のめやす】(20 点)

4 問 i 2 点(正答にあわせて誤答を答えているものは不可)

問 ii 4 点

問 iii 4 点

5 問 i 3 点

(正答 2 つで 3 点, 正答 1 つ, または正答にあわせて誤答を答えているものは 1 点)

問 ii 問 A 4 点(各 2 点)

問 B 3 点

(正答 2 つで 3 点, 正答 1 つ, または正答にあわせて誤答を答えているものは 1 点)

【3】

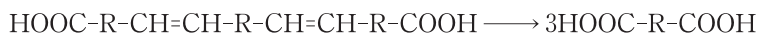
解答・解説

- 6 1, 5, 8 では、親油性についてまったく検証していない。6, 2, 4 は沸点に関する実験であり、親油性とは関係がない。7, 9, 3 が与えられた目的に対する実験、結果、考察に対応する。アルキル基は親油性であり、脂肪酸に占めるアルキル基が大きくなればなるほど、水に溶けにくくなり、ベンゼン(有機溶媒)に溶けやすくなる。

(答) b: 7, d: 3

7

問 i A には炭素-炭素二重結合が 2 個含まれる。KMnO₄ により、A に含まれる 2 個の炭素-炭素二重結合が開裂すると、2 価カルボン酸 B のみが生じることから、反応は次のように考えることができる。



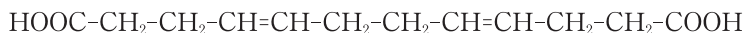
A の分子式は C₁₂H₁₈O₄ と与えられているので、R は C₂H₄ で表されることになる。これを満たす B の構造式としては、次の 2 種類が考えられる。



- 1 分子の A には炭素-炭素二重結合が 2 つ含まれるので、A の 2 倍の物質量の臭素が消費される(誤)。
- 上に示すように、B は炭素原子を 4 つもつ 2 価カルボン酸である(誤)。
- B として考えられるどちらの構造においても、不斉炭素原子は含まれない(正)。
- B として考えられる構造は 2 つである(誤)。
- B として考えられるどちらの構造もヨードホルム反応を示さない(誤)。
- B は還元性を示す基をもたないので、銀鏡反応を示さない(誤)。

(答) 3

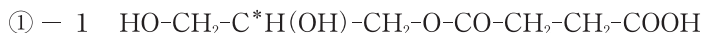
問 ii KMnO₄ との反応により、 $\textcircled{1}$ の構造の B のみが生じる場合の A は



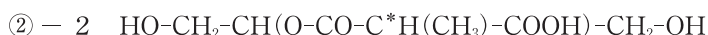
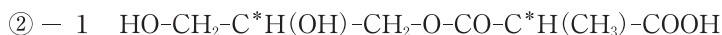
と表される。幾何異性体を考慮すると、2 つの炭素-炭素二重結合について、(シス, シス), (シス, トランス), (トランス, トランス) となっている 3 通りの組合せが考えられる。同様に、 $\textcircled{2}$ の構造の B のみが生じる場合も、上記の 3 通りの組合せが考えられるので、A として可能な構造は合計 6 種類である。

(答) 6

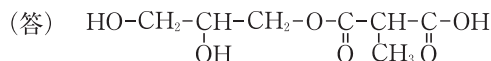
問 iii グリセリンと $\textcircled{1}$ の構造の B の 1 分子どうしが縮合して生じるエステルは、光学異性体を区別しないと、次の 2 種類が考えられる (以下、不斉炭素原子を C* と表す)。



一方、グリセリンと $\textcircled{2}$ の構造の B の 1 分子どうしが縮合して生じるエステルは、光学異性体を区別しないと、次の 2 種類が考えられる。



以上より、不斉炭素原子を 2 つもつ 1 価カルボン酸 C は、 $\textcircled{2} - 1$ の構造である。

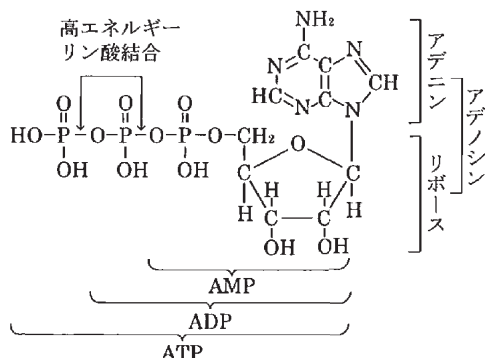


8

問 i それぞれの部分構造の由来となる物質の名称を示す。

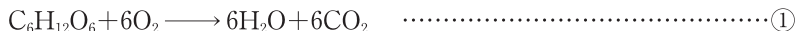
1. デオキシリボース 2. リボース 3. α -フルクトース 4. β -グルコース
5. グアニン 6. シトシン 7. アデニン 8. チミン

ATP は、リボースにアデニンと 3 分子のリン酸分子が縮合してできた構造をもつ。



(答) X : 2, Y : 7

問 ii 酵母を加え、空気(酸素)が存在する状態(好気条件)では、つぎの好気呼吸が起こる。



一方、空気(酸素)を遮断した状態(嫌気条件)では、つぎの嫌気呼吸が起こる。



生成したエタノール(分子量 46) 2.53g は、すべて②の嫌気条件の反応に由来するものであるから、同時に発生した二酸化炭素の物質量はエタノールの物質量に等しく $\frac{2.53}{46} = 0.055$

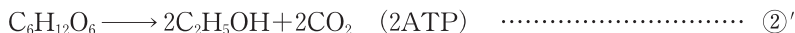
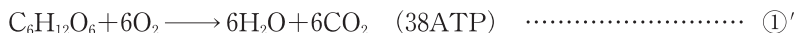
[mol]である。また、②で消費されたグルコースの物質量は $\frac{0.055}{2} = 0.0275$ [mol]である。

一連の反応でグルコース 9.00g(分子量 180)は完全に消費されたので、①の好気条件で消費されたグルコースの物質量は $\frac{9.00}{180} - 0.0275 = 0.0225$ [mol]となり、①により生成した二酸化炭素は $0.0225 \times 6 = 0.135$ [mol]となる。求める二酸化炭素の物質量は

$$0.055 + 0.135 = 0.190 \text{ [mol]}$$

(答) 0.19 mol

問 iii ①式、②式より生じる ATP は、それぞれ次の①'、②'のとおりである。



①'のように反応したグルコースは、⑤より 0.0225mol、②'のように反応したグルコースは、④より 0.0275mol であるので、生成した ATP の全物質量は、次のようになる。

$$0.0225 \times 38 + 0.0275 \times 2 = 0.910 \text{ [mol]}$$

(答) 0.91 mol

9

問 i A: ビウレット反応で, タンパク質が存在すると赤紫色となる。

B: 試料中に硫黄があると硫化鉛(II)PbS を生じ, 褐色または黒色となる。

C: デンプンがあると青紫色を示す。

D: キサントプロテイン反応で, 芳香環(ベンゼン環)をもつアミノ酸を成分とするタンパク質では黄色～オレンジ色となる。

E: 還元性物質により, 酸化銅(I)Cu₂O の赤色沈殿を生じる。

したがって, 2 は C により, 3 は A により, 4 は B により, 5 は D により確認できる。しかし 1 は, ショ糖を単糖類に分解する操作が A～E 中にないので, 確認できない。

(答) 1

問 ii 問 A アセチル化で分子量は 42 増加する (–COCH₃ 分増加し, –H 分減少する = 43 – 1 = 42)。A は $11.50 - 7.30 = 4.2$ [g], B は $8.28 - 6.60 = 1.68$ [g] 増加している。アミノ酸 1 分子中のアミノ基 1 つがアセチル化されたと考えれば, A, B の物質量は次のように求められる。

$$A: \frac{4.2}{42} = 0.1 \text{ [mol]}$$

$$B: \frac{1.68}{42} = 0.04 \text{ [mol]}$$

これより, A, B の分子量は

$$A: \frac{7.30}{0.1} = 73$$

$$B: \frac{6.60}{0.04} = 165$$

B はフェニルアラニン (R=CH₂-C₆H₅) が該当するが, A は該当するアミノ酸が選択肢に含まれていない。そこで, アミノ酸側鎖にもアミノ基が含まれていたとし, アミノ酸 1 分子中のアミノ基 2 つがアセチル化されたと仮定してみよう。A の物質量はアセチル基の物質量の 1/2 となるから

$$\frac{7.30}{0.05} = 146$$

となり, リシン (R=CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-NH₂) が当てはまり, 分子量, 側鎖にアミノ基をもつことも仮定に一致する。

(答) A: 2, B: 4

問 B m [分子] の A と, n [分子] の B からなるペプチド 1 mol を完全に加水分解するには, $(m+n-1)$ [mol] の水が必要となる。ペプチドの加水分解において必要とされた水は

$$7.30 + 6.60 - 12.37 = 1.53 \text{ [g]} \quad \therefore \frac{1.53}{18} = 0.085 \text{ [mol]}$$

$$(n+m-1) : n : m = 0.085 : 0.05 : 0.04 = 17 : 10 : 8$$

したがって, このペプチドは 10 分子の A と 8 分子の B の, 合計 18 分子のアミノ酸から構成されていたことがわかる。

(答) 18

【配点のめやす】 (40 点)

6 4 点(各 2 点)

7 問 i 4 点 (正答にあわせて誤答を答えているものは 2 点)

問 ii 4 点

問 iii 4 点

8 問 i 4 点(各 2 点)

問 ii 4 点

問 iii 4 点

9 問 i 4 点 (正答にあわせて誤答を答えているものは 2 点)

問 ii 問 A 4 点(各 2 点)

問 B 4 点



会員番号

氏 名