

直前東大化学発展演習

【2 回目】



問題

【1】－ I

解答・解説

ア 密度の単位を変換すると、 $3.5\text{g/cm}^3 = 3.5 \times 10^6\text{g/m}^3$ である。1つの[B]には8個の炭素原子が含まれるので、次の式がなりたつ。

$$3.5 \times 10^6 [\text{g/m}^3] \times (2a)^3 [\text{m}^3] = \frac{12}{6.0 \times 10^{23}} \times 8 [\text{g}]$$

$$\therefore (2a)^3 = 4.57 \times 10^{-29} [\text{m}^3]$$

$$(\text{答}) \quad 4.6 \times 10^{-29} \text{m}^3$$

イ 小立方体[A]の体対角線が $2d$ に相当する。

$$(2d)^2 = a^2 + (\sqrt{2}a)^2 \quad \therefore d = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$

$$(\text{答}) \quad d = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$

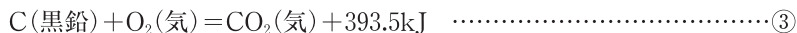
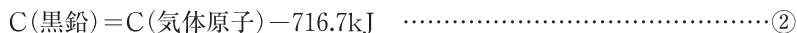
ウ ア, イより

$$d^3 = \frac{3\sqrt{3}}{8}a^3 = \frac{3 \times 1.7}{8} \times \frac{4.57 \times 10^{-29}}{8} = 3.64 \times 10^{-30} [\text{m}^3]$$

$$(\text{答}) \quad 3.6 \times 10^{-30} \text{m}^3$$

エ 同素体

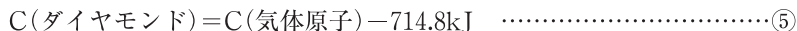
オ 与えられた反応熱を熱化学方程式で表すと



①式－③式より



②式＋④式より



ダイヤモンドにおいて、炭素原子1つは4つの炭素原子と共有結合しているが、それらの結合は2つの炭素原子に共有されているので、ダイヤモンド1molに含まれる炭素-炭素結合は2molである。したがって、⑤式より

$$D = \frac{714.8}{2} = 357.4 \text{ [kJ/mol]}$$

$$(\text{答}) \quad 3.57 \times 10^2 \text{kJ/mol}$$

【配点のめやす】11点

ア 2点

計算過程のないものは不可。

イ 2点

ウ 2点

計算過程のないものは不可。

エ 1 点

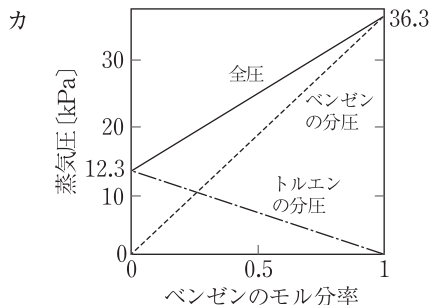
オ 4 点

エネルギー図を用いて説明・計算してもよい。

計算過程のないものは不可。

【1】－Ⅱ

解答・解説



キ (1) CS_2 (2) CHCl_3 , CH_3COCH_3

ク クロロホルムの水素原子とアセトンの酸素原子との間で水素結合が形成されることで、蒸発する分子数が少なくなるため。(55 字)

ケ (1) 高い

(2) 混合により水素結合のような強い相互作用は形成されず、同種分子間の距離は大きくなるため、相互作用は小さくなる。(54 字)

コ a ; 96.5 b ; ベンゼン c ; 42.2 d ; 0.50

サ 成分 A ; アセトン 成分 B ; 二硫化炭素

(防衛医科大)

【配点のめやす】18 点

カ 4 点

ベンゼンの分圧の線が描けて 1 点

トルエンの分圧の線が描けて 1 点

全圧の線が描けて 1 点

蒸気圧の記入(ベンゼン 36.3kPa, トルエン 12.3kPa)があって 1 点

キ (1) 1 点, (2) 2 点(各 1 点)

ク 2 点

水素結合により、分子間に働く力が強くなることが書けていれば可。

ケ (1) 1 点

(2) 2 点

相互作用が小さくなることを 50 字程度で述べていれば可。

コ 4 点(各 1 点)

サ 2 点

【2】－I

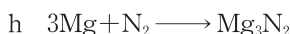
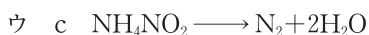
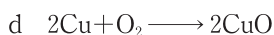
解答・解説

ア 下線部 g より，大気窒素の密度は 1.2572g/L であるので，秤量球の体積を $V[\text{L}]$ とすると e に示されている 3 つの測定値の平均値より次の式が成り立つ。

$$\frac{2.3103+2.3100+2.3102}{3}=1.2572V$$

$$\therefore V=1.837 [\text{L}]$$

(答) 1.84L



エ f の値より，化学窒素の分子量を求めると

$$1.2511 \times 22.4 = 28.02$$

となり，原子量から算出される N_2 の分子量と一致するので，化学窒素は純粋な窒素であるといえる。大気窒素の質量が化学窒素の質量より大きいのは，窒素とアルゴンとの混合気体であるとして，1L の質量(標準状態)を計算すると

$$28.02 \times \frac{1}{22.4} \times \frac{78.08}{78.08+0.9325} + 39.95 \times \frac{1}{22.4} \times \frac{0.9325}{78.08+0.9325} \doteq 1.2572 [\text{g}]$$

となり，g の値と一致する。

オ 100L の雨水に溶けていた気体から，水蒸気，二酸化炭素，酸素を除去した気体の体積を $V_1[\text{L}]$ (1013hPa, 13.9℃)，さらにこれから窒素を除去した気体の体積を $V_2[\text{L}]$ (1013hPa, 13.9℃) とすると

$$V_1 = (\text{溶解していた } \text{N}_2 \text{ と Ar の体積}) [\text{L}] \quad V_2 = (\text{溶解していた Ar の体積}) [\text{L}]$$

となる。

1013hPa における分圧は

$$\text{N}_2 \quad 1013 \times \frac{78.08}{100} = 790.9 [\text{hPa}] \quad \text{Ar} \quad 1013 \times \frac{0.9325}{100} = 9.446 [\text{hPa}]$$

題意より，13.9℃，1013hPa において水 100L に溶解する N_2 は $\frac{4.05}{2.5} [\text{L}]$ ，Ar は 4.05L であるから，溶解していた N_2 ，および Ar の体積は

$$\text{N}_2 \quad \frac{790.9}{1013} \times \frac{4.05}{2.5} = 1.26 [\text{L}] \quad \text{Ar} \quad \frac{9.446}{1013} \times 4.05 = 3.77 \times 10^{-2} [\text{L}]$$

よって

$$V_1 = 1.26 + 3.77 \times 10^{-2} = 1.29 [\text{L}]$$

$$V_2 = 3.77 \times 10^{-2} [\text{L}]$$

(答) 水蒸気，二酸化炭素，酸素を除去した気体の体積：1.3L
さらに窒素を除去した気体の体積： $3.8 \times 10^{-2} \text{L}$

(東京大 後期)

【配点のめやす】 17 点

ア 2 点

イ 4 点(各 2 点)

ウ 4 点(各 2 点)

エ 3 点

上記の式を用いて説明されていれば可。

オ 4 点(各 2 点)

【2】-Ⅱ

解答・解説

カ 図より

$$2r_0 = \frac{1}{2}a \times \sqrt{2} \quad \therefore a = 2\sqrt{2}r_0 \text{ [nm]}$$

$$(\text{答}) \quad a = 2\sqrt{2}r_0 \text{ [nm]}$$

キ 単位格子中に酸化物イオンは3個，レニウムイオンは1個存在する。単位格子1つの質量は

$$\frac{W_0}{N_A} \times 3 + \frac{W_b}{N_A} = \frac{3W_0 + W_b}{N_A} \text{ [g]}$$

また，単位格子の体積は

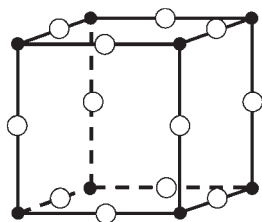
$$a^3 = (2\sqrt{2}r_0)^3 \text{ [nm}^3] = 16\sqrt{2}r_0^3 \times 10^{-21} \text{ [cm}^3]$$

これより，密度は

$$\frac{\sqrt{2}(3W_0 + W_b)}{32N_A r_0^3} \times 10^{21} \text{ [g/cm}^3]$$

$$(\text{答}) \quad \frac{\sqrt{2}(3W_0 + W_b)}{32N_A r_0^3} \times 10^{21} \text{ [g/cm}^3]$$

ク 図；



文章；単位格子の立方体において，陽イオンが各頂点に，陰イオンが各辺の中心に位置する構造となる。

ケ すき間Ⅰは問クで答えた立方体で12個の O^{2-} に囲まれているすき間で，単位格子に1つ存在する。一方，すき間Ⅱは問クで答えた立方体の頂点を含むすき間であり，各頂点にその $\frac{1}{8}$ が含まれるので，単位格子中には1つ存在する。複合酸化物の単位格子は，陽イオンA，Bをそれぞれ1個， O^{2-} を3個含むので，組成式は ABO_3 となる。イオン結晶は全体として電荷を帯びないので

$$Z_A + Z_B + (-2) \times 3 = 0$$

$$\therefore Z_A + Z_B = 6$$

$$(\text{答}) \quad Z_A + Z_B = 6$$

コ $\text{SrCO}_3 + \text{TiO}_2 \longrightarrow \text{SrTiO}_3 + \text{CO}_2$

サ Sr^{2+}

理由；すき間Ⅰ＞すき間Ⅱである。 O^{2-} の半径が0.135nm，結晶の単位格子の一辺の長さが0.391nmであるから，すき間Ⅱに入ることのできる陽イオンの最大半径 r は

$$0.135 \times 2 + 2r = 0.391 \quad \therefore r = 0.0605 \text{ [nm]}$$

これより，すき間Ⅱには小さい方の陽イオン Ti^{4+} (半径 0.061nm)が入り，すき間Ⅰには大きい方の陽イオン Sr^{2+} (半径 0.140nm)入っていることになる。

【配点のめやす】 15 点

カ 2 点

キ 2 点

ク 3 点

ケ 3 点

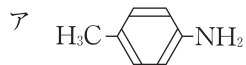
コ 2 点

サ 3 点

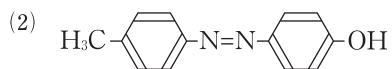
Sr^{2+} のみを答えたものは 1 点

【3】－ I

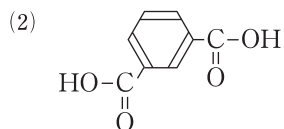
解答



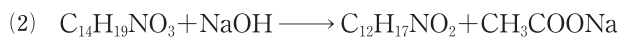
イ (1) カップリング



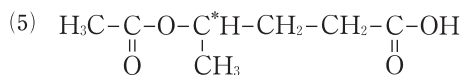
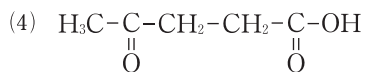
ウ (1) $C_8H_8O_2$



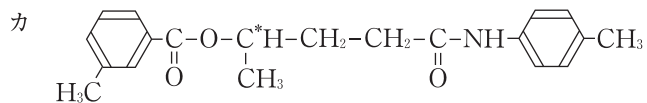
エ (1) $C_{12}H_{17}NO_2$



(3) $C_7H_{12}O_4$



オ アミド結合



(東北大)

【配点のめやす】 22 点

ア 2 点

イ (1) 1 点 (2) 2 点

ウ (1) 2 点 (2) 2 点

エ (1) 2 点 (2) 2 点 (3) 2 点 (4) 3 点 (5) 3 点

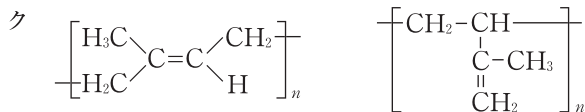
オ 1 点

カ 3 点

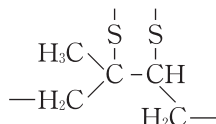
【3】－Ⅱ

解答・解説

キ あ；イソプレン い；付加重合 う；硫黄 え；エポナイト



ケ 構造式：



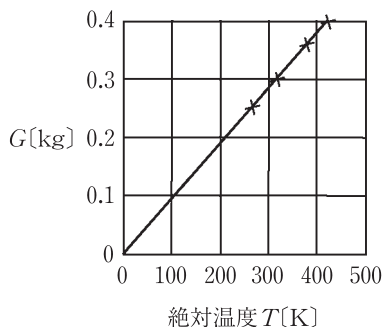
理由：生ゴムは弱い分子間力のみで結合しているが，加硫ゴムは架橋反応により分子間に共有結合が網目状にできるため流動性を示さない。(60 字)

コ それぞれの温度における L の値を代入する。

$$G = \frac{0.5 \times 0.1}{L - 0.1}$$

温度 [℃]	0	50	100	150
温度 [K]	273	323	373	423
L [m]	2.96×10^{-1}	2.66×10^{-1}	2.44×10^{-1}	2.27×10^{-1}
G [kg]	0.255	0.301	0.347	0.393

図：



理想気体で体積一定としたときの圧力と温度の関係は $\frac{P}{T} = (\text{一定})$ と表される。 P を G とおくと，各温度における $\frac{G}{T}$ は

$$\frac{0.255}{273} = 9.340 \times 10^{-4} \text{ [kg/K]}$$

$$\frac{0.301}{323} = 9.318 \times 10^{-4} \text{ [kg/K]}$$

$$\frac{0.347}{373} = 9.302 \times 10^{-4} \text{ [kg/K]}$$

$$\frac{0.393}{423} = 9.290 \times 10^{-4} \text{ [kg/K]}$$

したがって，式の記号は(b)。

サ 傾きの値が大きくなり， G が大きくなる。

理由：架橋構造が増え，おもりに対する伸び L が小さくなるので G が大きくなる。このため，グラフの傾きも大きくなる。(52 字)

(大阪大 後期 改)

【配点のめやす】 17 点

キ 4 点(各 1 点)

ク 4 点(各 2 点)

ケ 2 点

架橋により網目状構造ができることが説明できていれば可。

コ 図 3 点

・縦軸に適当な値をふることができて 1 点

・4 つの点を正しくプロットできて 1 点

・それらを平均してつなぎ，比例直線を描くことができて 1 点

式の記号 1 点

サ 3 点(関係式の変化；1 点，理由；2 点)



会員番号	
------	--

氏 名	
-----	--