

クラス		受験番号	
出席番号		氏名	

2018年度 第2回 全統マーク模試
 学習の手引き【解答・解説集】

数 学 ・ 理 科

【2018年7月実施】

• 数 学

数学①

数学Ⅰ	1
数学Ⅰ・数学A	17

数学②

数学Ⅱ	40
数学Ⅱ・数学B	48

• 理 科

理科①

物理基礎	70
化学基礎	79
生物基礎	89
地学基礎	95

理科②

物理	104
化学	115
生物	135
地学	148

英語冊子巻末に「自己採点シート」を掲載していますので、復習のためにご活用ください。

河合塾



1860620119502140

≡ ≡ ≡ 化 学 ≡ ≡ ≡

【解答・採点基準】

(100点満点)

問題番号	設問	解審 番号	正解	配点	自己採点
第1問	問1	1	③	3	
		2	④	3	
	問2	3	④	3	
	問3	4	⑤	4	
	問4	5	②	4	
	問5	6	⑤	3	
第1問 自己採点小計				(20)	
第2問	問1	1	②	3	
	問2	2	⑤	4	
	問3	3	①	3	
		4	②	2	
		5	④	2	
問4	6	⑤	4		
第2問 自己採点小計				(18)	
第3問	問1	1	②	3	
		2	④	4	
	問2	3	④	4	
	問3	4	②	4	
第3問 自己採点小計				(15)	
第4問	問1	1	②	4	
	問2	2	①	4	
	問3	3	②	4	
	問4	4	③	3	
		5	⑤	3	
第4問 自己採点小計				(18)	
第5問	問1	1	⑤	4	
	問2	2	⑤	4	
	問3	3	③	3	
	問4	4	④	4	
第5問 自己採点小計				(15)	

問題番号	設問	解審 番号	正解	配点	自己採点
第6問	問1	1	①	3	
	問2	2	④	4	
	問3	3	③	3	
	問4	4	②	4	
第6問 自己採点小計				(14)	
自己採点合計				(100)	

【解説】

第1問 物質の構成

問1 同素体, 原子の構成

a 同じ元素の単体で, 性質が異なるものを互いに同素体という。①酸素 O_2 とオゾン O_3 は酸素の同素体, ②ダイヤモンド(組成式 C) とフラーレン(C_{60} など) は炭素の同素体, ④斜方硫黄 S_8 と単斜硫黄 S_8 は硫黄の同素体, ⑤黄リン P_4 と赤リン(組成式 P) はリンの同素体である。③酸化銅(I) Cu_2O と酸化銅(II) CuO は, いずれも単体ではなく化合物であり, 同素体ではない。

1 … ③

b 原子において, 次の関係が成り立つ。

$$(\text{原子番号}) = (\text{陽子の数}) = (\text{電子の数})$$

よって, $^{12}_6C$ の①原子番号, ②陽子の数, ③電子の数はいずれも6である。また,

$$(\text{質量数}) = (\text{陽子の数}) + (\text{中性子の数})$$

であり, ④質量数は12, ⑤中性子の数は $12 - 6 = 6$ である。よって, 他と値が異なるものは④質量数である。

2 … ④

問2 原子量

原子量は次式で求められる。

$$(\text{原子量}) = \left(\text{同位体の相対質量} \times \frac{\text{存在比}[\%]}{100} \right) \text{の和}$$

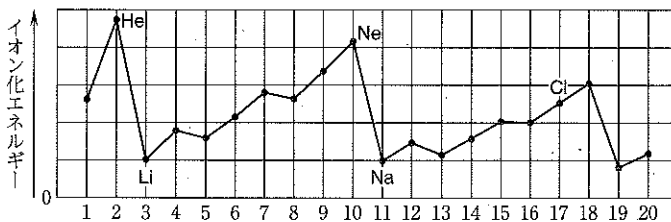
よって, ホウ素Bの原子量を求める式は,

$$M_1 \times \frac{x_1}{100} + M_2 \times \frac{x_2}{100} = \frac{M_1 x_1 + M_2 x_2}{100}$$

3 … ④

問3 イオン化エネルギー, 元素の周期表

a ~ e は, それぞれ次の元素である。



① 正しい。イオン化エネルギーは, 一般に, 周期表の右上に位置する元素の原子ほど大きい傾向にあり, a (He) の原子は, すべての原子の中でイオン化エネルギーが最も大きい。

② 正しい。b (Li) と d (Na) はともに1族に属する。これらはアルカリ金属であり, 1価の陽イオンになりやすいなど性質がよく似ている。

③ 正しい。希ガス(貴ガス)を除く典型元素では, 価電子の数

【ポイント】

同素体

同じ元素からなる単体で, 性質が異なるものどうしを, 互いに同素体という。

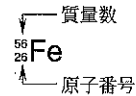
C…ダイヤモンド, 黒鉛, フラーレン

O…酸素, オゾン

P…黄リン, 赤リン

S…斜方硫黄, 単斜硫黄, ゴム状硫黄

原子番号と質量数



$$(\text{原子番号}) = (\text{陽子の数}) = (\text{電子の数})$$

$$(\text{質量数}) = (\text{陽子の数}) + (\text{中性子の数})$$

同位体

原子番号が等しく, 質量数が異なる原子どうしを, 互いに同位体という。

原子の相対質量

質量数12の炭素原子 ^{12}C 1個の質量を12と定めたときの原子の質量の相対値。

原子量

元素の原子量は, 同位体の相対質量とその存在比から求められる同位体の相対質量の平均値である。

イオン化エネルギー(第一イオン化エネルギー)

原子から電子1個を取り去って, 1価の陽イオンにするときに必要なエネルギー。イオン化エネルギーが小さい原子ほど陽イオンになりやすい。

は最外殻電子の数と等しい。しかし、希ガスの原子は他の原子と結びつきにくく、また、イオンにもなりにくいため、希ガスの原子の価電子の数は0とする。

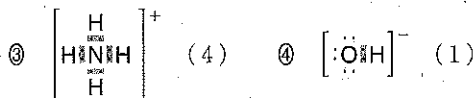
④ 正しい。d (Na)の原子では、電子はK殻に2個、L殻に8個、M殻に1個収容されている。Na原子は、最外殻の電子を1個失うとNa⁺になり、c (Ne)の原子と同じ安定な電子配置(K殻に2個、L殻に8個)をとる。

⑤ 誤り。e (Cl)の原子では、電子はK殻に2個、L殻に8個、M殻に7個収容されている。Cl原子は、最外殻に電子を1個受け取るとCl⁻になり、Ar原子と同じ安定な電子配置(K殻に2個、L殻に8個、M殻に8個)をとる。よって、Cl原子は1価の陰イオンになりやすい。

4 ... ⑤

問4 電子式

①～⑤の電子式は次のとおりである。ただし、 $\overset{\cdot\cdot}{\text{N}}$ は共有電子対、()内の数字はその数を表す。



よって、誤っているものは②である。

5 ... ②

問5 原子の数と物質質量

原子の数と物質質量は比例するので、物質質量を求めて比較すればよい。

a アルゴン Ar(分子量 40)20.0 gの物質質量は、

$$\frac{20.0 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.50 \text{ mol}$$

Arは単原子分子なので、原子の物質質量も0.50 molである。

b アンモニア NH₃(分子量 17)4.25 gの物質質量は、

$$\frac{4.25 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 0.25 \text{ mol}$$

NH₃1分子は原子4個から構成されているので、含まれる原子の総物質質量は、

$$0.25 \text{ mol} \times 4 = 1.0 \text{ mol}$$

c 0℃, 1.013×10⁵ Pa(標準状態)で11.2 Lの酸素 O₂の物質質量は、

$$\frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.50 \text{ mol}$$

O₂1分子は原子2個から構成されているので、含まれる原子の総物質質量は、

$$0.50 \text{ mol} \times 2 = 1.0 \text{ mol}$$

最外殻電子と価電子

最外電子殻(最も外側の電子殻)に入っている電子を最外殻電子という。典型元素の原子の最外殻電子の数は、族番号の1の位の数に等しい(ただし、Heは2個)。

希ガス以外の原子の最外殻電子は、原子がイオンになったり結合するときに重要な役割を果たすので、価電子という。なお、希ガスの原子は、イオンになったり結合することがほとんどないので、価電子の数は0とする。

電子式

元素記号の周囲に最外殻電子を点(・)で表した化学式。

共有電子対

2原子間で共有されている電子対。

非共有電子対

共有結合に使われていない電子対。

アボガドロ定数

1 molあたりの粒子の数をアボガドロ定数といい、6.02×10²³/molである。

$$\text{物質質量}[\text{mol}] = \frac{\text{粒子の数}}{6.02 \times 10^{23} / \text{mol}}$$

モル質量

物質1 molの質量。原子量・分子量・式量にg/molの単位をつけた値になる。

$$\text{物質質量}[\text{mol}] = \frac{\text{質量}[\text{g}]}{\text{モル質量}[\text{g/mol}]}$$

モル体積

物質1 molの体積。0℃, 1.013×10⁵ Pa(標準状態)の理想気体のモル体積は、気体の種類によらず、22.4 L/molである。

$$\text{物質質量}[\text{mol}] = \frac{\text{体積}[\text{L}]}{\text{モル体積}[\text{L/mol}]}$$

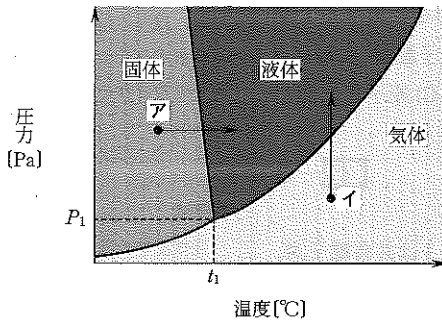
以上より、⑤ $b = c > a$ となる。

6 ... ⑥

第2問 物質の三態, 気体

問1 状態図

問題の図1は、ある温度、圧力で、物質がどのような状態であるかを示しており、このような図を状態図という。固体、液体、気体の状態を表す三つの領域は次のとおりである。



液体と気体の領域の境界線は蒸気圧曲線とよばれ、この曲線上の温度、圧力のもとでは液体と気体が共存することができる。固体と液体の領域の境界線は融解曲線とよばれ、この曲線上の温度、圧力のもとでは固体と液体が共存することができる。固体と気体の領域の境界線は昇華圧曲線とよばれ、この曲線上の温度、圧力のもとでは固体と気体が共存することができる。また、三つの曲線の交点(t_1 [°C], P_1 [Pa])では、固体と液体と気体が共存することができ、この点は三重点とよばれる。

① 正しい。点アの状態から矢印のように変化させると、固体から液体に変化する。この状態変化は融解である。

② 誤り。点イの状態から矢印のように変化させると、気体から液体に変化する。この状態変化は凝縮である。

③ 正しい。温度を t_1 [°C]、圧力を P_1 [Pa] に保つと、固体と液体と気体を共存させることができる。

④ 正しい。三重点の圧力 P_1 [Pa] は、液体が存在することのできる最も低い圧力であり、圧力が P_1 [Pa] より低いときは、固体または気体の状態で存在する。よって、温度を変化させても液体になることはない。

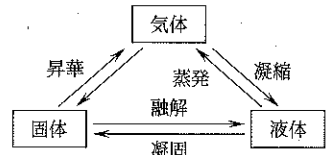
1 ... ②

問2 気体の法則

ボイル・シャルルの法則より、体積が V [L] で一定の条件のもとで温度を T_2 [K] に変化させたときの気体の圧力を P_2 [Pa] とすると、

$$\frac{P_1 [\text{Pa}] \times V [\text{L}]}{T_1 [\text{K}]} = \frac{P_2 [\text{Pa}] \times V [\text{L}]}{T_2 [\text{K}]}$$

物質の三態と状態変化



気体の法則

一定量の気体では、

ボイルの法則 温度一定では、気体の体積 V は圧力 p に反比例する。

$$pV = \text{一定}$$

シャルルの法則 圧力一定では、気体の体積 V は絶対温度 T に比例する。

$$\frac{V}{T} = \text{一定}$$

ボイル・シャルルの法則 気体の体積 V は、圧力 p に反比例し、絶対温度 T に比例する。

$$\frac{pV}{T} = \text{一定}$$

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} \text{ [Pa]}$$

なお、体積が V [L] で一定なので、気体の圧力は絶対温度に比例する。よって、絶対温度を $\frac{T_2}{T_1}$ 倍に変化させると、圧力も $\frac{T_2}{T_1}$ 倍になるので、 T_2 [K] に変化させたときの容器内の圧力は $P_1 \times \frac{T_2}{T_1}$ [Pa] になることがわかる。

2 ... ⑥

問3 混合気体、気液平衡

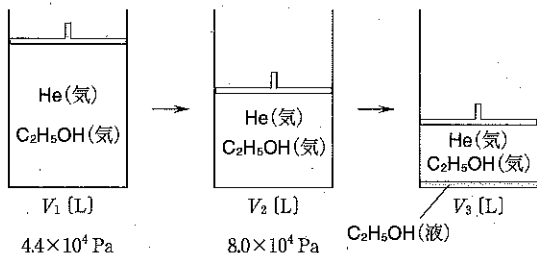
a 57°C, 4.4×10^4 Pa のとき、容器内に液体は存在しなかったため、ヘリウムとエタノールはすべて気体として存在し、容器内の気体の総物質量は $0.010 \text{ mol} + 0.010 \text{ mol} = 0.020 \text{ mol}$ である。

容器の容積 V_1 [L] は、理想気体の状態方程式より、

$$\begin{aligned} 4.4 \times 10^4 \text{ Pa} \times V_1 \text{ [L]} \\ = 0.020 \text{ mol} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol}) \times (273 + 57) \text{ K} \\ V_1 = 1.245 \text{ L} \approx 1.2 \text{ L} \end{aligned}$$

3 ... ①

b 容器の容積を V [L]、ヘリウムの分圧を P_{He} [Pa]、エタノールの分圧を P_{E} [Pa] とする。



57°C, 4.4×10^4 Pa のとき、ヘリウム 0.010 mol とエタノール 0.010 mol はすべて気体として存在する。

温度を 57°C に保ったまま容器の容積を小さくしていくと、ヘリウムは常にすべて気体として存在するので、圧力と体積は反比例し(ボイルの法則)、 $P_{\text{He}} V = \text{一定}$ の関係が成り立つ。

エタノールは、容積が V_2 [L] になるまではすべて気体として存在するので、圧力と体積は反比例し(ボイルの法則)、 $P_{\text{E}} V = \text{一定}$ の関係が成り立つ。容積が V_2 [L] になり、エタノールの分圧が飽和蒸気圧に達すると、液体のエタノールが生じ始める。飽和蒸気圧は、温度が一定のとき一定値をとる。また、蒸気の圧力は飽和蒸気圧よりも大きくなることはないので、容器の容積をさらに小さくしても、エタノールの分圧は飽和蒸気圧に保たれ、容積の減少とともに液体のエタノールが増えていく。なお、容積が V_2 [L] になったときの全圧が 8.0×10^4 Pa なので、エタノールの飽和蒸気圧は、分圧 = 全圧 \times モル分率より、

$$8.0 \times 10^4 \text{ Pa} \times \frac{0.010 \text{ mol}}{0.020 \text{ mol}} = 4.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

である。

理想気体の状態方程式

理想気体では次の式が成り立つ。

$$pV = nRT$$

p : 圧力, V : 体積, n : 物質質量,

T : 絶対温度, R : 気体定数

混合気体の圧力

全圧 混合気体が示す圧力。

分圧 成分気体が単独で、混合気体と同じ体積を占めたときの圧力。

・全圧 = 分圧の総和

(ドルトンの分圧の法則)

・分圧の比 = 物質量の比

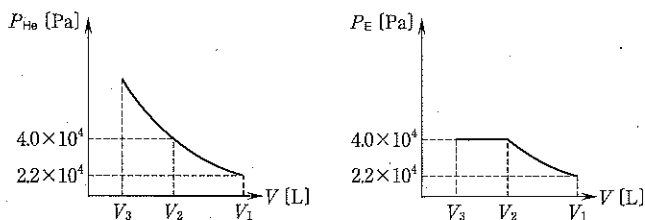
・分圧 = 全圧 \times モル分率

(モル分率 混合気体全体に対する成分気体の物質量の割合)

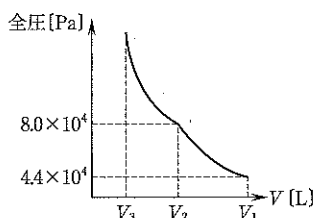
飽和蒸気圧(蒸気圧)

液体とその蒸気が共存して気液平衡の状態にあるとき、蒸気の示す圧力。温度が一定のとき、飽和蒸気圧は一定であり、共存している液体の量や気体の体積に関係しない。また、蒸気の圧力(分圧)がその温度での飽和蒸気圧を超えることはない。

以上より、容器の容積とヘリウムおよび気体のエタノールの分圧の関係を表す概略図は、それぞれ次のようになる。



なお、全圧 $=P_{\text{He}}+P_{\text{E}}$ より、容器の容積と全圧の関係を表す概略図は、次のようになる。



[参考]

容器の容積と圧力を具体的に示すと、次のようになる。

容積が V_1 [L] (圧力 4.4×10^4 Pa) のとき、分圧=全圧 \times モル分率より、

$$P_{\text{He}}=P_{\text{E}}=4.4 \times 10^4 \text{ Pa} \times \frac{0.010 \text{ mol}}{0.020 \text{ mol}}=2.2 \times 10^4 \text{ Pa}$$

容積が V_2 [L] (圧力 8.0×10^4 Pa) のとき、

$$P_{\text{He}}=P_{\text{E}}=8.0 \times 10^4 \text{ Pa} \times \frac{0.010 \text{ mol}}{0.020 \text{ mol}}=4.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

このとき、液体のエタノールが生じ始めたので、 57°C におけるエタノールの飽和蒸気圧は 4.0×10^4 Pa である。また、このときの容積 V_2 [L] は、ボイルの法則より、

$$4.4 \times 10^4 \text{ Pa} \times V_1 \text{ [L]} = 8.0 \times 10^4 \text{ Pa} \times V_2 \text{ [L]}$$

$$V_1 = 1.245 \text{ L} \text{ より、 } V_2 = 0.684 \text{ L}$$

容積が V_3 [L] のとき、エタノールは気液平衡の状態で存在するので、 $P_{\text{E}}=4.0 \times 10^4$ Pa である。また、ヘリウムはすべて気体として存在するので、その分圧は、ボイルの法則より、

$$2.2 \times 10^4 \text{ Pa} \times V_1 \text{ [L]} = P_{\text{He}} \text{ [Pa]} \times V_3 \text{ [L]}$$

$$P_{\text{He}} = \frac{2.2 \times 10^4 V_1}{V_3} \text{ [Pa]}$$

以上より、容器の容積と圧力の関係を表す式は、次のようになる。

$V \geq V_2 (=0.684 \text{ L})$ のとき、

$$P_{\text{He}}=P_{\text{E}} = \frac{2.2 \times 10^4 V_1}{V} \text{ [Pa]}$$

$$\text{全圧} = P_{\text{He}} + P_{\text{E}} = \frac{4.4 \times 10^4 V_1}{V} \text{ [Pa]}$$

$V \leq V_2 (= 0.684 \text{ L})$ のとき,

$$P_{\text{He}} = \frac{2.2 \times 10^4 V_1}{V} \text{ [Pa]}$$

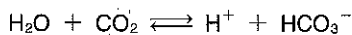
$$P_{\text{E}} = 4.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$\text{全圧} = P_{\text{He}} + P_{\text{E}} = \frac{2.2 \times 10^4 V_1}{V} + 4.0 \times 10^4 \text{ [Pa]}$$

4 … ②, 5 … ④

問4 気体の溶解度

① 正しい。空気には、窒素 N_2 、酸素 O_2 、アルゴン Ar 、二酸化炭素 CO_2 などが含まれている。純粋な水(純水)を空气中に放置すると、空气中の二酸化炭素が水に溶け、さらに、次のようにわずかに電離することにより水素イオン H^+ が生じるので、水溶液は弱い酸性を示す。



なお、通常、雨水の pH は約 5.6 であるが、雨水に二酸化炭素以外の酸性物質(硝酸、硫酸など)が溶けると、pH が 5.6 より小さくなる。このような雨は、酸性雨とよばれる。

② 正しい。アンモニア NH_3 は極性分子、窒素 N_2 は無極性分子である。極性溶媒である水に対して、一般に極性分子はよく溶けるが、無極性分子は溶けにくい。よって、溶解度は、アンモニアの方が窒素より大きい。

③ 正しい。気体の水への溶解度は、一般に温度が高いほど小さくなる。これは、温度が高いほど溶質分子の熱運動が激しくなり、水との分子間力を振り切って溶液中から飛び出しやすくなるからである。

20℃、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ における窒素の溶解度(水 1 L に溶ける量)は $7.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ なので、60℃、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ における窒素の溶解度は $7.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ より小さい。

④ 正しい。溶解度の小さい気体では、一定温度で、一定量の溶媒に溶解する気体の物質量は、その気体の圧力(分圧)に比例する(ヘンリーの法則)。

20℃、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ における窒素の溶解度(水 1 L に溶ける量)は $7.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ なので、20℃において、 $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の窒素が接している水 2.0 L に溶けている窒素の物質量は、

$$7.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \times \frac{3.0 \times 10^5 \text{ Pa}}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}} \times \frac{2.0 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 4.2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

⑤ 誤り。20℃において、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の窒素が接している水 2.0 L に溶けている窒素の物質量は、

$$7.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \times \frac{2.0 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 1.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の空气中の窒素の分圧は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ より小さいので、20℃において、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の空気が接している水 2.0 L に溶

気体の溶解度

- ・温度が低く、圧力が高いほど、気体の溶解度(物質質量・質量)は大きくなる。
- ・溶解度の小さい気体では、一定温度で一定量の液体に溶ける気体の物質質量や質量は、その気体の圧力(分圧)に比例する(ヘンリーの法則)。

けている窒素の物質量は $1.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$ より小さい。

なお、空気中の窒素の体積百分率を 80% とすると、溶けている窒素の物質量は、

$$7.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \times \frac{1.0 \times 10^5 \times \frac{80}{100} \text{ Pa}}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}} \times \frac{2.0 \text{ L}}{1 \text{ L}} \\ = 1.12 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

となる。

6 ... ⑤

第3問 結晶, 溶液

問1 イオン結晶

a 図1は、塩化物イオン Cl^- (○で示した) とナトリウムイオン Na^+ (●で示した) の中心の位置関係を表したもので、実際には、図2(a)のように隣り合う Cl^- と Na^+ は接している。図2(b)は単位格子の面を切断面として、単位格子の一辺の長さとして Cl^- のイオン半径 (r_-) および Na^+ のイオン半径 ($r_+ = 0.11 \text{ nm}$) の関係を示したものである。

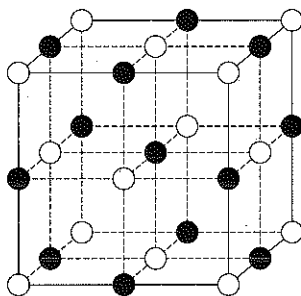


図1

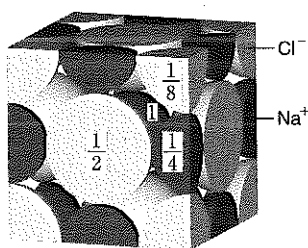


図2(a)

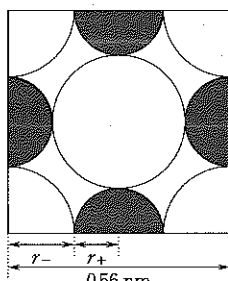


図2(b)

図2(b)から、

$$2(r_- + r_+) = 0.56 \text{ nm}$$

$$r_- = \frac{0.56 \text{ nm}}{2} - 0.11 \text{ nm} = 0.17 \text{ nm}$$

1 ... ②

b ① 正しい。塩化ナトリウムの結晶では、 Cl^- と Na^+ が静電気力(クーロン力)によって結合(イオン結合)している。なお、

イオン結晶

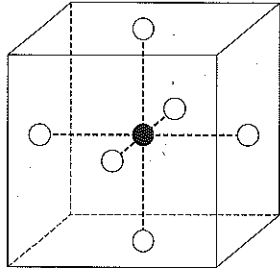
陽イオンと陰イオンがイオン結合で結びついた結晶。融点が高く、硬いが、強い力を加えると割れるものが多い。結晶は電気を導かないが、その水溶液や融解した液体は電気を導く。

単位格子

結晶中の粒子の空間的な配列構造を結晶格子といい、結晶格子の最小のくり返し単位を単位格子という。

NaClのように、陽イオンと陰イオンがイオン結合によって結びついてできた結晶をイオン結晶という。

② 正しい。図1の立方体の中心に位置するNa⁺に着目すると、次のように各面の中心に位置する6個のCl⁻と接していることがわかる。なお、Cl⁻も6個のNa⁺と接している。



③ 正しい。図2(a)のようにNa⁺は、辺の中央に $\frac{1}{4}$ 個、立方体の中心に1個がそれぞれ単位格子に含まれるので、単位格子に含まれるNa⁺の数は、

$$\frac{1}{4} \times 12 + 1 = 4$$

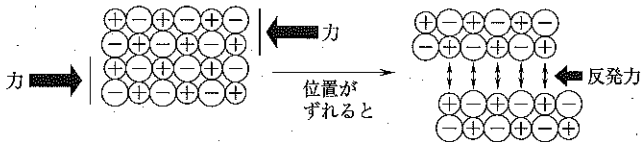
なお、Cl⁻は、頂点に $\frac{1}{8}$ 個、面の中心に $\frac{1}{2}$ 個がそれぞれ単位格子に含まれるので、単位格子に含まれるCl⁻の数は、

$$\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$$

また、数の比がNa⁺:Cl⁻=1:1であり、組成式がNaClとなる。

④ 誤り。Cl⁻は、単位格子の面の中心と各頂点に位置するので、面心立方格子と同じ配列をとっている。なお、Na⁺も同様に面心立方格子と同じ配列をとっている。

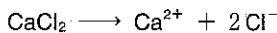
⑤ 正しい。NaClなどイオン結晶は、イオン結合が強いのて硬いが、外部から強い力を加えると、特定の面に沿って割れる。これを劈開^{へきかい}といい、外力によりイオンの位置がずれて同じ符号のイオンどうしが接近すると、反発し合うためである。



2...④

問2 凝固点降下

塩化カルシウムCaCl₂は、水溶液中でカルシウムイオンCa²⁺と塩化物イオンCl⁻に完全に電離する。



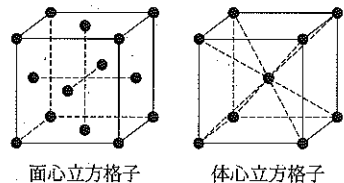
よって、CaCl₂水溶液の質量モル濃度を m [mol/kg] とすると、溶質粒子(Ca²⁺とCl⁻)全体の質量モル濃度は $3m$ [mol/kg] である。

イオン結晶の配位数

イオン結晶では、あるイオンを取り囲む反対符号のイオンの数を配位数という。NaCl型の結晶の配位数は6である。

面心立方格子と体心立方格子

面心立方格子では、単位格子の各頂点と面の中心に粒子が配列されている。一方、体心立方格子では、単位格子の各頂点と立方体の中心に粒子が配列されている。



凝固点降下

溶液の凝固点が純溶媒の凝固点より低くなる現象。

希薄溶液の凝固点降下度 Δt_f [K] は溶液の質量モル濃度 m [mol/kg] に比例する。

$$\Delta t_f = K_f m$$

(K_f [K·kg/mol]: モル凝固点降下 溶媒の種類で決まる比例定数)

なお、電解質溶液では、溶液中の溶質粒子全体の質量モル濃度に比例する。

$m=0.050 \text{ mol/kg}$ より、凝固点降下度を Δt_f [K] とすると、

$$\Delta t_f = 1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol} \times 3 \times 0.050 \text{ mol/kg} = 0.277 \text{ K} \approx 0.28 \text{ K}$$

純粋な水(純水)の凝固点は 0°C なので、この水溶液の凝固点は、 -0.28°C である。

なお、塩化カルシウムは、電離によって溶質粒子の質量モル濃度が3倍になり、凝固点降下の効果が大きいこと、および溶解の際の発熱量が大きいこと(溶解熱 81 kJ/mol)から、冬季に凍結防止剤として道路に散布される。

3 ... ④

問3 希薄溶液の性質, コロイド

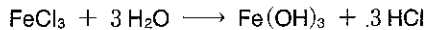
① 正しい。純粋な水にグルコースや塩化ナトリウムのような不揮発性物質を溶かすと、蒸気圧が下がる(蒸気圧降下)。これは、溶液全体の粒子数に対する水分子の割合が減少し、液体表面から蒸発する水分子の数が、純粋な水に比べて減少するためである。したがって、同じ温度では、グルコース水溶液の蒸気圧は純粋な水の蒸気圧より低い。

② 誤り。デンプン水溶液と純粋な水が半透膜を隔てて接していると、水分子が半透膜を通過して水溶液側に浸透する。このため、デンプン水溶液のモル濃度はしだいに減少する。

③ 正しい。浸透圧は、溶液のモル濃度と絶対温度に比例する。したがって、同じモル濃度のスクロース水溶液では、温度の高い 40°C のときの方が、 20°C のときより浸透圧は高くなる。

④ 正しい。コロイド粒子は、直径が 10^{-9} m (1 nm) から 10^{-7} m (10^2 nm) 程度であり、ろ紙(目の大きさは $10^{-7} \sim 10^{-6} \text{ m}$ 程度)は通過できるが、セロハン膜(目の大きさは 10^{-9} m 程度)などの半透膜は通過できない。なお、半透膜を用いて溶液中のコロイド粒子と小さな分子やイオンを分離し、コロイド溶液を精製する操作を透析という。

また、塩化鉄(Ⅲ) FeCl_3 水溶液を沸騰水に加えると、水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液ができる。



⑤ 正しい。コロイド溶液に横から強い光を当てると、光の通路が明るく輝いて見える。これは、コロイド粒子が光を散乱させるため、チンダル現象とよばれる。

4 ... ②

蒸気圧降下

不揮発性物質を溶質とする溶液の蒸気圧が純溶媒の蒸気圧より低くなる現象。

希薄溶液の蒸気圧降下の度合いは溶質粒子の質量モル濃度に比例する。

半透膜

溶液中のある物質は通すが、ほかの物質は通さない性質をもつ膜。セロハン膜は代表的な半透膜で、水分子は通すが、デンプンなど大きい粒子は通さない。

浸透圧(ファントホッフの法則)

希薄溶液の浸透圧 Π [Pa] は溶質粒子のモル濃度 c [mol/L] と絶対温度 T [K] に比例する。

$$\Pi = cRT$$

(R [Pa·L/(K·mol)] : 気体定数)

コロイド

直径が 10^{-9} m (1 nm) から 10^{-7} m (100 nm) 程度の大きさの粒子をコロイド粒子といい、コロイド粒子がほかの物質中に均一に分散している状態、あるいはそのような物質をコロイドという。

第4問 化学反応と熱、電池・電気分解

問1 反応熱とエネルギー

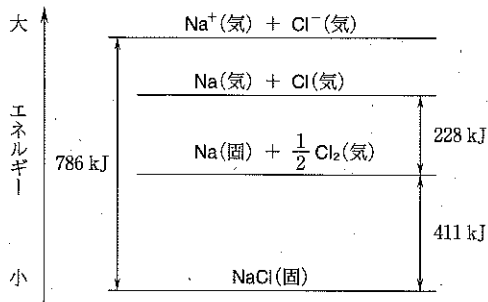
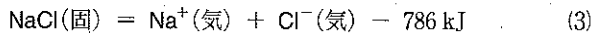
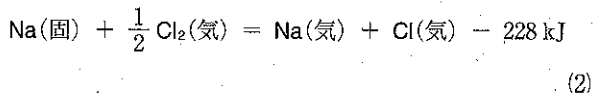
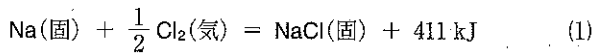


図1

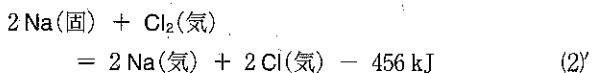
図1で与えられた反応熱やエネルギーを熱化学方程式で表すと、次のようになる。



なお、Na(気)、Cl(気)は気体状態(結合がなくばらばら)の原子を表し、同様にNa⁺(気)やCl⁻(気)は気体状態のイオンを表す。

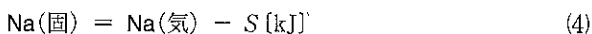
① 正しい。(1)式は、NaCl(固)の生成熱を表す熱化学方程式であり、NaCl(固)の生成熱は411 kJ/molである。

② 誤り。(2)式を2倍すると、

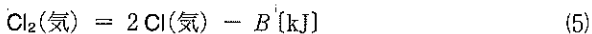


(2)'式は、Na(固)2 molをNa(気)にするのに必要なエネルギーと、Cl₂(気)1 molをCl(気)にするのに必要なエネルギー(Cl-Clの結合エネルギー)の和が456 kJであることを表している。よって、Cl-Clの結合エネルギーは456 kJ/molより小さい。

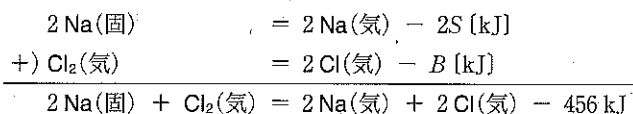
なお、Na(固)1 molをNa(気)にするのに必要なエネルギーはNa(固)の昇華熱とよばれ、その値をS [kJ/mol]とすると、次の熱化学方程式で表される。



また、Cl-Clの結合エネルギーをB [kJ/mol]とすると、次の熱化学方程式で表される。



(2)'式=(4)式×2+(5)式より、



よって、

発熱反応と吸熱反応

熱を発生しながら進む反応を発熱反応、周囲から熱を吸収しながら進む反応を吸熱反応という。

反応物、生成物のもつエネルギーの総和が

反応物 > 生成物 ⇔ 発熱反応

反応物 < 生成物 ⇔ 吸熱反応

生成熱

化合物1 molが成分元素の単体から生成するときには発生または吸収する熱量。

結合エネルギー

共有結合を切断してばらばらの原子にするのに必要なエネルギー。通常、結合1 molあたりの熱量で示される。

昇華熱

1 molの固体が昇華するときには吸収する熱量。

$$-2S [\text{kJ}] - B [\text{kJ}] = -456 \text{ kJ}$$

$$B = 456 - 2S < 456$$

であり、 B は 456 kJ/mol より小さい。

㊸ 正しい。図1より、 $(\text{Na}(\text{気}) + \text{Cl}(\text{気}))$ のもつエネルギーより $(\text{Na}^+(\text{気}) + \text{Cl}^-(\text{気}))$ のもつエネルギーの方が大きいので、 $\text{Na}(\text{気})$ 、 $\text{Cl}(\text{気})$ 各 1 mol から $\text{Na}^+(\text{気})$ 、 $\text{Cl}^-(\text{気})$ 各 1 mol が生じる変化では熱が吸収されることがわかる。その吸熱量を $Q [\text{kJ}]$ とすると、その変化は次の熱化学方程式で表される。

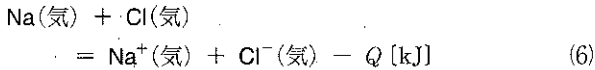
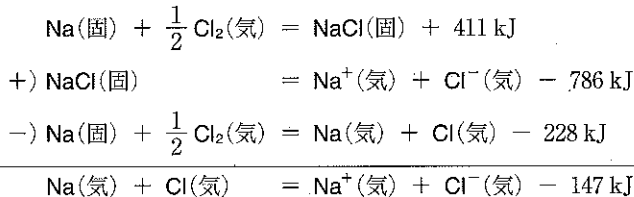


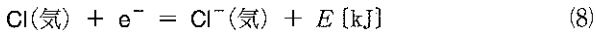
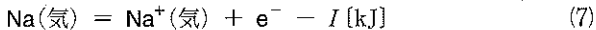
図1より、

$$Q = 786 \text{ kJ} - (411 \text{ kJ} + 228 \text{ kJ}) = 147 \text{ kJ}$$

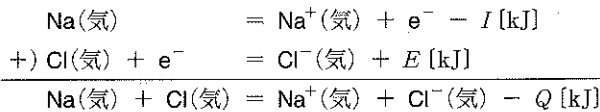
または、(6)式=(1)式+(3)式-(2)式より、



なお、 Na 原子のイオン化エネルギーを $I [\text{kJ/mol}]$ 、 Cl 原子の電子親和力を $E [\text{kJ/mol}]$ とすると、これらはそれぞれ次の熱化学方程式で表される。



(6)式=(7)式+(8)式であり、



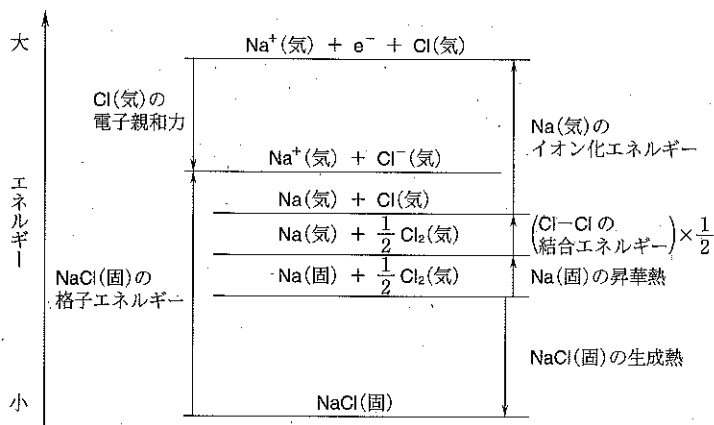
したがって、 $-I + E = -Q \iff Q = I - E$ の関係がある。

㊸ 正しい。(3)式は、 $\text{NaCl}(\text{固})$ の格子エネルギーを表す熱化学方程式であり、 $\text{NaCl}(\text{固})$ の格子エネルギーは 786 kJ/mol である。

以上を踏まえて、物質、原子、イオンのもつエネルギー(化学エネルギー)の関係を整理すると、次のようになる。

電子親和力

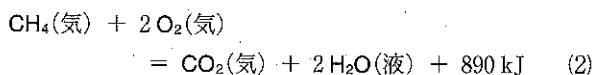
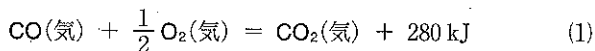
原子が電子1個を受け取って、1価の陰イオンになるときに放出されるエネルギー。



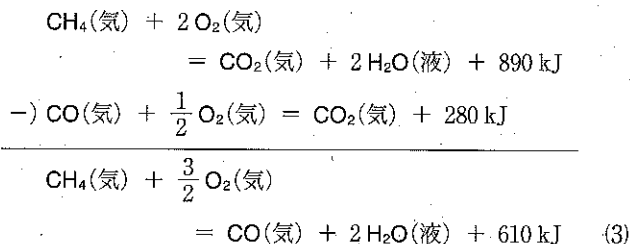
1 ... ②

問2 化学反応と熱

問題で与えられた次の二つの熱化学方程式を、それぞれ(1)式、(2)式とする。



容器内ではメタン CH_4 の燃焼により二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O が生成する反応、および、メタンの燃焼により一酸化炭素 CO と水が生成する反応が起こったものと考えることができる。前者の反応の熱化学方程式は(2)式である。後者の反応の熱化学方程式は、(2)式-(1)式より、



(3)式で反応した CH_4 を x [mol] とすると、(2)式で反応した CH_4 は $(1.0-x)$ [mol] と表されるので、発生した熱量について、

$$610 \text{ kJ/mol} \times x \text{ [mol]} + 890 \text{ kJ/mol} \times (1.0-x) \text{ [mol]} = 834 \text{ kJ}$$

$$x = 0.20 \text{ mol}$$

よって、生じた CO の物質量は $(x=)0.20$ mol である。

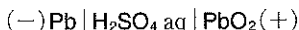
なお、生じた CO_2 の物質量は $(1.0-x=)0.80$ mol である。また、封入した酸素 O_2 の物質量は、(2)式、(3)式の係数比より、

$$0.80 \text{ mol} \times 2 + 0.20 \text{ mol} \times \frac{3}{2} = 1.9 \text{ mol}$$

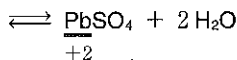
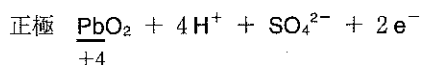
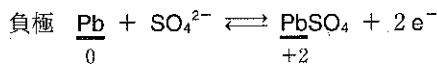
2 ... ①

問3 鉛蓄電池

鉛蓄電池は、負極に鉛、正極に酸化鉛(IV)、電解液に希硫酸を用いた電池であり、その構成は次のように表される。



鉛蓄電池の放電時および充電時に各電極で起こる反応は、それぞれ次のように表される。なお、反応式の右向き(→)は放電時に起こる反応を、左向き(←)は充電時に起こる反応を表している。



また、放電時および充電時に電池全体で起こる反応は、次のように表される。



① 正しい。電池を放電させると、負極では電子が放出される酸化反応が起こり、放出された電子が導線を通して正極へ流れ込み、正極では電子が受け取られる還元反応が起こる。放電時、正極(PbO₂極)ではPbO₂がPbSO₄に還元される。なお、負極(Pb極)ではPbがPbSO₄に酸化される。

② 誤り。放電時、負極と正極で生じる硫酸鉛(II)PbSO₄は水に難溶であり、極板に付着するので、いずれの電極も質量は増加する。なお、導線中を流れる電子2molあたり、負極ではPb(原子量207)1molがPbSO₄(式量303)1molに変化するため、質量は(303g-207g)=96g増加する。一方、正極ではPbO₂(式量239)1molがPbSO₄1molに変化するため、質量は(303g-239g)=64g増加する。

③ 正しい。二次電池を充電するとき、直流電源の負極、正極に二次電池の負極、正極をそれぞれ接続する。したがって、鉛蓄電池を充電するとき、直流電源の負極にPb極を、正極にPbO₂極を接続する。

④ 正しい。充電時、電解液の溶媒であるH₂Oが反応し、溶質であるH₂SO₄が生じるので、電解液中のH₂SO₄の濃度は増加する。なお、放電時にはH₂SO₄が反応し、H₂Oが生じるので、H₂SO₄の濃度は減少する。

⑤ 正しい。充電時に各電極で起こる反応は、いずれも放電時と逆向きの反応である。

3...②

問4 塩化ナトリウム水溶液の電気分解

a 塩化ナトリウム水溶液の電気分解において、各電極ではそ

電池

酸化還元反応により発生する化学エネルギーを電気エネルギーに変換する装置を電池(化学電池)という。

一次電池 充電により元の状態に戻すことができない電池。

二次電池(蓄電池) 充電により元の状態に戻すことができる電池。

電池の放電

負極 酸化反応が起こる。

正極 還元反応が起こる。

外部回路を電子は負極から正極に流れ、電流は正極から負極に流れる。

二次電池の充電

二次電池の負極、正極を、それぞれ直流電源の負極、正極に接続し、放電時と逆向きに電流を流して電池を元の状態に戻す操作を充電という。充電時に二次電池の負極では還元反応、正極では酸化反応が起こる。

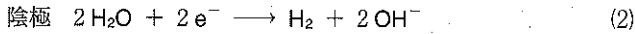
電気分解

電解質の水溶液や融解液に電極を入れ、直流電流を流して酸化還元反応を起こさせることを電気分解という。

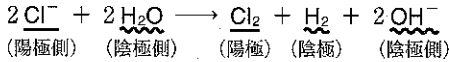
陽極 外部電源の正極と接続した電極で、酸化反応が起こる。

陰極 外部電源の負極と接続した電極で、還元反応が起こる。

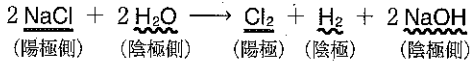
それぞれ次の反応が起こる。



(1)式+(2)式より、両極で起こる反応を一つのイオン反応式で表すと、

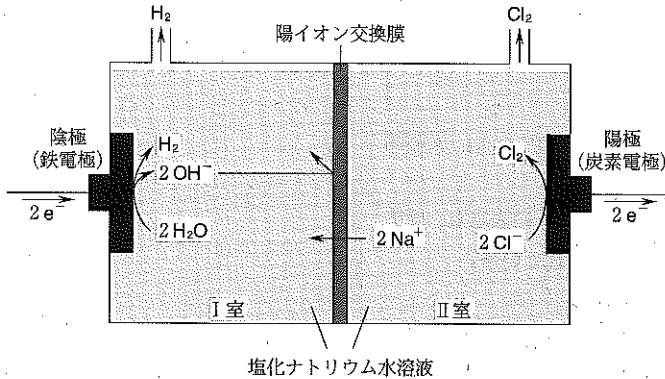


両辺に 2Na^+ を加えて整理すると、問題で与えられた化学反応式が得られる。



以上より、塩素 Cl_2 は陽極で発生し、水酸化ナトリウム NaOH はI室(陰極側)の電解液に生じる。

なお、中央が陽イオン交換膜で仕切られた電解槽では、 Na^+ が陽極側から陰極側へ陽イオン交換膜を通して移動することで、溶液の電気的中性が保たれる。



4 ... ③

b 回路を流れた電気量が $1.93 \times 10^3 \text{ C}$ なので、導線中を流れた電子の物質量は、

$$\frac{1.93 \times 10^3 \text{ C}}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}} = 2.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

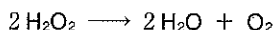
(2)式より、電子 1 mol あたり OH^- 1 mol が生じるので、流れた電子の物質量と生じた水酸化ナトリウム NaOH の物質量は等しい。よって、求める NaOH の物質量は $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$ である。

5 ... ⑥

第5問 反応速度、化学平衡

問1 反応速度

① 正しい。反応式の係数比が $\text{H}_2\text{O}_2 : \text{O}_2 = 2 : 1$ より、反応によって増加する O_2 の物質量は、減少する H_2O_2 の物質量の $\frac{1}{2}$ 倍である。



水溶液の電気分解の反応

陽極 以下の酸化反応が起こる。

- 電極が Cu や Ag のとき
 - Cu や Ag がイオンになって溶け出す。
- 電極が C や Pt のとき
 - ハロゲン化物イオンがあれば、酸化されてハロゲンの単体が生成する。
 - ハロゲン化物イオンがなければ、 H_2O (電解液が酸性、中性のとき) や OH^- (電解液が塩基性のとき) が酸化されて O_2 が発生する。

陰極 以下の還元反応が起こる。

- Ag^+ や Cu^{2+} があれば、還元されて Ag や Cu が析出する。
- Ag^+ や Cu^{2+} がなければ、 H_2O (電解液が中性、塩基性のとき) や H^+ (電解液が酸性のとき) が還元されて H_2 が発生する。

ファラデー定数

電子 1 mol のもつ電気量の絶対値。

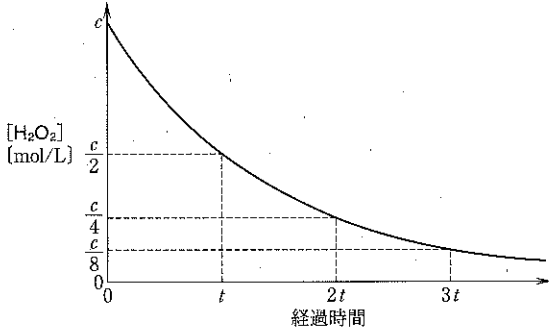
$$F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

電子の物質量 [mol]

$$= \frac{\text{電気量 [C]}}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}}$$

② 正しい。一般に、反応物のモル濃度が大きいほど反応速度は大きい。よって、 O_2 の生成速度は、反応開始時が最も大きく、 H_2O_2 のモル濃度が減少するに連れてだいに小さくなる。

なお、 H_2O_2 のモル濃度は、時間経過とともに次のように変化することが知られている。



参考

H_2O_2 の分解反応では、温度一定の条件で、 H_2O_2 のモル濃度が半分になるのにかかる時間(半減期) t は、元の濃度によらず一定であり、半減期が経過するごとにモル濃度は $\frac{1}{2}$ 倍になる。

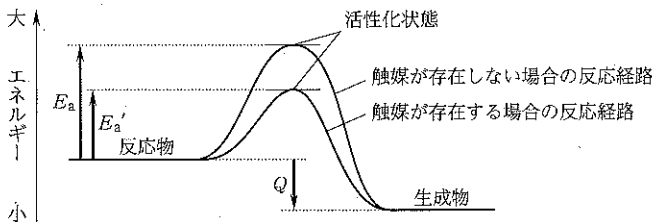
③ 正しい。過酸化水素水のモル濃度を大きくすると、反応開始時の H_2O_2 の分解速度は大きくなる。

なお、 H_2O_2 の分解反応の反応速度式は次のように表され、反応速度は H_2O_2 のモル濃度に比例することが知られている。

$$v = k[H_2O_2] \quad (k \text{ は反応速度定数})$$

④ 正しい。温度を高くすると、活性化エネルギー以上のエネルギーをもつ反応物の分子の割合が大きくなるため、反応速度は大きくなる。

⑤ 誤り。酸化マンガン(IV) MnO_2 は、 H_2O_2 の分解反応において、反応速度を大きくする触媒としてはたらく。触媒が存在すると、触媒が存在しない場合に比べて活性化エネルギーが小さい反応経路をとるため、反応速度が大きくなる。



E_a : 触媒が存在しない場合の活性化エネルギー
 E_a' : 触媒が存在する場合の活性化エネルギー
 Q : 反応熱

1...⑥

問2 化学平衡

平衡状態に達するまでに生成したヨウ化水素HIを $2x$ [mol]と

反応速度

単位時間あたりの物質の変化量(多くの場合、モル濃度の変化量)の絶対値。

$$\text{反応速度} = \left| \frac{\text{モル濃度の変化量}}{\text{反応時間}} \right|$$

活性化エネルギー

反応物を活性化状態(反応途中のエネルギーの高い不安定な状態)にするために必要な最小のエネルギー。

触媒

反応の前で自身は変化せず、反応速度を大きくする物質。触媒を用いると反応経路が変わり、活性化エネルギーが小さくなる。

化学平衡の法則

$aA + bB + \dots \rightleftharpoons xX + yY + \dots$
 の可逆反応において、平衡定数 K は次の式で表される。

$$K = \frac{[X]^x [Y]^y \dots}{[A]^a [B]^b \dots}$$

([]: 平衡状態におけるモル濃度)

平衡定数は、温度が一定ならば一定の値となる。

すると、反応の量的関係は次のように表される。

	H_2	$+ \text{I}_2$	\rightleftharpoons	2HI	
反応前	1.2	1.2		0	
変化量	$-x$	$-x$		$+2x$	
平衡時	$1.2-x$	$1.2-x$		$2x$	[単位: mol]

容積は 2.0 L であり、平衡時の各物質のモル濃度を問題文の(2)式に代入すると、

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{\left(\frac{2x \text{ [mol]}}{2.0 \text{ L}}\right)^2}{\frac{1.2-x \text{ [mol]}}{2.0 \text{ L}} \times \frac{1.2-x \text{ [mol]}}{2.0 \text{ L}}} = 36$$

$0 < x < 1.2$ だから、

$$\frac{2x}{1.2-x} = 6.0$$

$$x = 0.90 \text{ mol}$$

生成したヨウ化水素の物質量は、

$$2x = 1.8 \text{ mol}$$

2

 …⑥

問3 平衡移動

ルシャトリエの原理より、圧力を大きくすると気体の総分子数(総物質質量)が減少する向きに平衡が移動する。化学反応式の両辺の気体の係数の和をとり、その大小を比較すると、平衡移動の向きを判断することができる。

- ① $\text{CH}_4(\text{気}) + \text{H}_2\text{O}(\text{気}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{気}) + 3\text{H}_2(\text{気})$
- ② $\text{C}(\text{固}) + \text{CO}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{気})$
- ③ $2\text{SO}_2(\text{気}) + \text{O}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{気})$
- ④ $\text{N}_2(\text{気}) + \text{O}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{気})$

	左辺の気体の係数の和		右辺の気体の係数の和	平衡移動の向き
①	2	<	4	左
②	1	<	2	左
③	3	>	2	右
④	2	=	2	移動しない

以上から、平衡が右に移動するものは③である。

なお、④は左辺の気体の係数の和と右辺の気体の係数の和が等しいため、圧力を変化させても平衡は移動しない。また、②の C(固)は気体ではないので、左辺の気体の係数の和は 2 ではなく 1 であることに注意する。

3

 …③

問4 酢酸の電離平衡

酢酸のモル濃度を c [mol/L]、電離度を α とすると、平衡時のモル濃度は次のように表される。

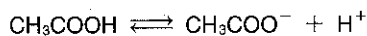
ルシャトリエの原理

一般に、平衡が成立しているときの条件を変えると、その条件変化による影響を緩和する方向に平衡は移動する。

- ・温度を上げると、吸熱反応の方向に平衡は移動する。
- ・圧力を大きくすると、気体の総分子数(総物質質量)が減少する方向に平衡は移動する。
- ・物質の濃度を増加させると、その物質が反応して減少する方向に平衡は移動する。

なお、逆の条件変化に対しては、それぞれ逆の方向に平衡は移動する。

また、触媒の有無によって、平衡は移動しない。



電離前	c	0	0
変化量	-cα	+cα	+cα
平衡時	c(1-α)	cα	cα

[単位: mol/L]

電離定数 K_a を表す式に平衡時のモル濃度を代入すると、

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{c\alpha \times c\alpha}{c(1-\alpha)} = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$$

$\alpha \ll 1$ の場合、 $1-\alpha \approx 1$ とみなせるので、

$$K_a = c\alpha^2$$

$\alpha > 0$ より、

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c}}$$

よって、水素イオン濃度は次のように表される。

$$[\text{H}^+] = c\alpha = c \times \sqrt{\frac{K_a}{c}} = \sqrt{cK_a}$$

c と K_a の値を代入して、

$$[\text{H}^+] = \sqrt{0.030 \text{ mol/L} \times 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}} \\ = 9.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

なお、電離度は、

$$\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{c} = \frac{9.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}}{0.030 \text{ mol/L}} = 3.0 \times 10^{-2}$$

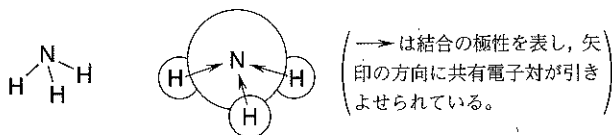
であり、 $\alpha \ll 1$ であることが確かめられる。

4 ... ④

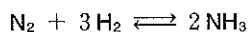
第6問 無機物質

問1 アンモニア

- ① 誤り。アンモニア NH_3 は無色・刺激臭の気体である。
 ② 正しい。アンモニア分子は三角錐形であり、N-Hの結合の極性が打ち消されないで、極性分子である。



- ③ 正しい。工業的にアンモニアは、四酸化三鉄 Fe_3O_4 を主成分とする触媒を用いて、窒素と水素を高温・高圧で反応させることによって製造される(ハーバー・ボッシュ法)。



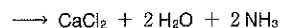
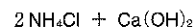
- ④ 正しい。アンモニアは、塩化水素と反応して塩化アンモニウムの白煙(微小な結晶)を生じる。



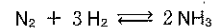
- ⑤ 正しい。アンモニアは塩基性の気体なので、ソーダ石灰(CaO と NaOH からなる粒状の混合物)、生石灰 CaO などの塩基性の乾燥剤で乾燥させることができる。なお、濃硫酸、十酸化四

アンモニアの性質

- ・無色・刺激臭で水に易溶の気体
- ・アンモニウム塩と強塩基を加熱すると発生する。



- ・ハーバー・ボッシュ法で製造される。



- ・塩化水素と反応して塩化アンモニウムの白煙を生じる。

気体の乾燥剤

酸性の乾燥剤 濃硫酸、十酸化四リン

中性の乾燥剤 塩化カルシウム

塩基性の乾燥剤 ソーダ石灰、生石灰

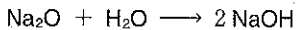
リン P₄O₁₀ などの酸性の乾燥剤で乾燥させることはできない。
 また、塩化カルシウム CaCl₂ もアンモニアを吸収する性質をもつ
 ので、アンモニアの乾燥剤として用いることはできない。

1 ... ①

問2 アルカリ金属元素, アルカリ土類金属元素

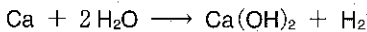
① 正しい。ナトリウム Na などのアルカリ金属の単体は、空
 気中の酸素で速やかに酸化され、水とも反応するので、石油(灯
 油)中に保存する。

② 正しい。アルカリ金属・アルカリ土類金属の酸化物は、水
 と反応し、水酸化物になって水に溶ける。酸化ナトリウム Na₂O
 は、水と反応して水酸化ナトリウム NaOH になる。



③ 正しい。水酸化ナトリウム NaOH は、空気中の水蒸気を
 吸収して溶ける。この現象を潮解という。

④ 誤り。カルシウム Ca の単体は、常温で水と反応して水素
 を発生する。

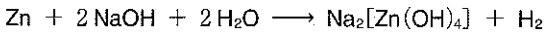


⑤ 正しい。塩化バリウム BaCl₂ の水溶液を白金線につけ、ガ
 スバーナーの外炎に入れると、黄緑色の炎色反応を示す。

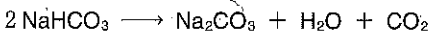
2 ... ④

問3 気体の発生法

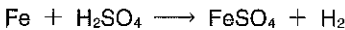
① 亜鉛 Zn は両性元素なので、亜鉛に水酸化ナトリウム水溶
 液を加えると水素 H₂ が発生する。



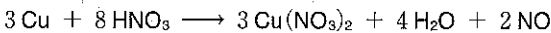
② 炭酸水素ナトリウム NaHCO₃ を加熱すると、分解して水
 蒸気 H₂O、二酸化炭素 CO₂ を発生し、炭酸ナトリウム Na₂CO₃
 に変化する。



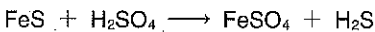
③ 鉄 Fe はイオン化傾向が水素 H₂ より大きいので、鉄に希
 硫酸を加えると H₂ が発生する。



④ 銅 Cu に酸化力が強い酸である希硝酸を加えると、一酸化
 窒素 NO が発生する。



⑤ 硫化鉄(II) FeS に希硫酸を加えると、弱酸の遊離反応に
 よって、硫化水素 H₂S が発生する。



弱酸の塩 強酸 強酸の塩 弱酸

よって、実験操作と発生する気体の組合せとして適当でないも
 のは③である。

3 ... ③

アルカリ金属とアルカリ土類金属の共通
 点

- ・ 炎色反応を示す。
- ・ 単体が常温の水と反応する。
- ・ 酸化物、水酸化物が水に溶け、水酸化
 物は強塩基である。

炎色反応

・ ある種の元素を含む物質を炎の中に入れ
 ると、その元素に特有の色が現れる。
 これを炎色反応という。おもな元素の炎
 色反応は次のとおり。

Li: 赤 Na: 黄 K: 赤紫
 Ca: 橙赤 Sr: 紅(深赤) Ba: 黄緑
 Cu: 青緑

両性元素

単体が酸とも強塩基とも反応する元素
 Al, Zn, Sn, Pb

金属のイオン化傾向

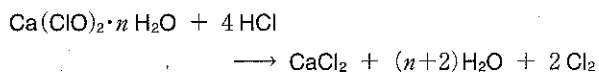
金属の単体が水(溶液)中で電子を放出
 し、陽イオンになろうとする性質。

イオン化傾向が大きい金属の単体ほど
 水中で電子を放出してイオンになりやす
 く、イオン化傾向が小さい金属のイオン
 ほど電子を受け取って単体になりやす
 い。

Li > K > Ca > Na > Mg > Al > Zn > Fe >
 Ni > Sn > Pb > (H₂) > Cu > Hg > Ag >
 Pt > Au

問4 反応の量的関係

高度さらし粉 $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ (式量 $143+18n$) に塩酸を加えたときの反応は次の化学反応式で表され、高度さらし粉 1 mol あたり塩素 Cl_2 が 2 mol 発生する。

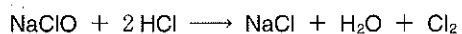
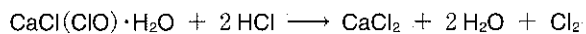


8.95 g の高度さらし粉から 2.24 L の塩素が発生したので、

$$\frac{8.95 \text{ g}}{143+18n [\text{g/mol}]} : \frac{2.24 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 1 : 2$$

$$n=2$$

なお、高度さらし粉は、さらし粉 $\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ から CaCl_2 を除いたものである。また、高度さらし粉以外のさらし粉、次亜塩素酸ナトリウム NaClO などの次亜塩素酸イオン ClO^- を含む塩に塩酸を加えても、塩素が発生する。



4 ... ②