

『大学生のためのやさしい化学入門』

章末問題解答集

第1章

1

$$(1) \quad 1.2 \times 10^{-8} \text{ cm} = 1.2 \times 10^{-8} \times 10^{-2} \text{ m} = 1.2 \times 10^{-1} \times 10^{-9} \text{ m} = \underline{1.2 \times 10^{-1} \text{ nm}}$$

$$(2) \quad 0.048 \text{ kg} = 0.048 \times 10^3 \text{ g} = 4.8 \times 10^4 \times 10^{-3} \text{ g} = \underline{4.8 \times 10^4 \text{ mg}}$$

$$(3) \quad \frac{124 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{124 \times 10^3 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \underline{34.4 \text{ m/s}}$$

$$(4) \quad \frac{0.97 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} = \frac{0.97 \times 10^{-3} \text{ kg}}{(10^{-2} \text{ m})^3} = \underline{9.7 \times 10^2 \text{ kg/m}^3}$$

$$(5) \quad T/\text{K} = 99.9743 + 273.15 = 373.1243 \quad T = \underline{373.1243 \text{ K}}$$

2

$$(1) \quad 1.02 \text{ m} + 1.28 \text{ m} = \underline{2.30 \text{ m}}$$

$$(2) \quad 1.5 \text{ kg} + 312 \text{ g} = 1.5 \times 10^3 \text{ g} + 312 \text{ g} = \underline{1.8 \times 10^3 \text{ g}}$$

$$(3) \quad \frac{54.4 \times 10^3 \text{ g}}{4.0 \times 10^3 \text{ cm}^3} = 13.5 \text{ g/cm}^3 \div \underline{14 \text{ g/cm}^3}$$

$$(4) \quad 1.2 \text{ g/cm}^3 \times 3.0 \times 10^3 \text{ cm}^3 = \underline{3.6 \times 10^3 \text{ g}}$$

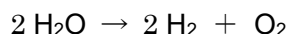
$$(5) \quad 328 \text{ g} \times 125 = 4.10 \times 10^4 \text{ g} = \underline{41.0 \text{ kg}}$$

第2章

1 (イ), (ウ), (オ)

【解説】

(ア) 水を電気分解すると、水素 H_2 と酸素 O_2 が発生する。



よって、下線部の水素は単体である。

(イ) タンパク質にはアミド結合 $-\text{NHCO}-$ やアミノ基 $-\text{NH}_2$ などの形で窒素 **N** が含まれる。よって、
下線部の窒素は元素である。

(ウ) 地殻にはケイ酸塩や二酸化ケイ素 SiO_2 の形でケイ素 **Si** が含まれる。よって、下線部のケイ素
は元素である。

- (エ) アルミニウム缶の素材は金属のアルミニウムでできている。よって、下線部のアルミニウムは単体である。
- (オ) 骨や歯の主成分はヒドロキシアパタイト $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ である。よって、下線部のカルシウムは元素である。

2 (ウ), (オ)

【解説】

- (ア) 水道水は、水 H_2O に消毒のための塩素などが混じった混合物である。
- (イ) 希硫酸は硫酸の水溶液であり、硫酸 H_2SO_4 と水 H_2O を含む混合物である。
- (ウ) ヨウ素 I_2 は、単体からなる純物質である。
- (エ) 二酸化硫黄 SO_2 は、化合物からなる純物質である。
- (オ) 白金 Pt は、単体からなる純物質である。
- (カ) フッ化水素 HF は、化合物からなる純物質である。

3 (1) 29.3 % (2) 93.8 % (3) 53.2 日

【解説】

- (1) 4.0 日は、半減期の $\frac{4.0 \text{ 日}}{8.0 \text{ 日}} = 0.50$ 倍なので、

$$1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{0.50} = 0.2928 \div 29.3 \%$$

- (2) 32 日は、半減期の $\frac{32 \text{ 日}}{8.0 \text{ 日}} = 4.0$ 倍なので、

$$1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{4.0} = 0.9375 = 93.8 \%$$

- (3) 残っている ^{131}I の割合が 1.0% になるまでに繰り返される半減期を n 回とすると、

$$\left(\frac{1}{2}\right)^n < \frac{1.0}{100} \quad \text{より, } 2^n > 100$$

両辺の常用対数をとると、

$$\log_{10} 2^n > \log_{10} 100 \qquad n \times \log_{10} 2 > 2 \qquad n > \frac{2}{\log_{10} 2} = \frac{2}{0.301}$$

よって、ここまでかかる時間は、 $8.0 \text{ 日} \times \frac{2}{0.301} = 53.15 \text{ 日} \doteq 53.2 \text{ 日}$

$$4 \quad {}^{35}\text{Cl}-{}^{35}\text{C}, 56.3 \% \quad {}^{35}\text{Cl}-{}^{37}\text{C}, 37.5 \% \quad {}^{37}\text{Cl}-{}^{37}\text{C}, 6.3 \%$$

【解説】

$${}^{35}\text{Cl}-{}^{35}\text{C} \quad \frac{75}{100} \times \frac{75}{100} = 0.5625 \doteq 56.3 \%$$

$${}^{35}\text{Cl}-{}^{37}\text{C} \quad \frac{75}{100} \times \frac{25}{100} \times 2 = 0.3750 \doteq 37.5 \%$$

$${}^{37}\text{Cl}-{}^{37}\text{C} \quad \frac{25}{100} \times \frac{25}{100} = 0.0625 \doteq 6.3 \%$$

$$5 \quad 24.3$$

【解説】

$$24.0 \times \frac{79.0}{100} + 25.0 \times \frac{10.0}{100} + 26.0 \times \frac{11.0}{100}$$

$$= 24.0 + 1.0 \times \frac{10.0}{100} + 2.0 \times \frac{11.0}{100} = 24.32 \doteq 24.3$$

$$6 \quad 60 \%$$

【解説】

${}^{69}\text{Ga}$ の存在比を $x \%$ とすると、

$$68.9 \times \frac{x}{100} + 70.9 \times \frac{100-x}{100} = 69.7$$

$$68.9 + 2.0 \times \frac{100-x}{100} = 69.7 \quad x=60$$

第3章

$$1 \quad (1) \quad 0.122 \text{ m} \quad (2) \quad 1.62 \times 10^{-24} \text{ J} \quad (3) \quad 1.29 \times 10^{28} \text{ 個}$$

【解説】

$$(1) \quad \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.45 \times 10^9 / \text{s}} = 0.1224 \text{ m} \doteq 0.122 \text{ m}$$

$$(2) \quad E = h\nu = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 2.45 \times 10^9 / \text{s} = 1.624 \times 10^{-24} \text{ J} \doteq 1.62 \times 10^{-24} \text{ J}$$

$$(3) \quad \frac{2.09 \times 10^4 \text{ J}}{1.624 \times 10^{-24} \text{ J}} = 1.286 \times 10^{28} \doteq 1.29 \times 10^{28}$$

2 (1) $n'=3$ (2) 409 nm (3) 4 本

【解説】

$$(1) \quad \frac{1}{656 \text{ nm}} = 1.1 \times 10^{-2} / \text{nm} \times \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \quad n'=3$$

$$(2) \quad \frac{1}{\lambda} = 1.1 \times 10^{-2} / \text{nm} \times \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right) \quad \lambda = 409.0 \text{ nm} \doteq 409 \text{ nm}$$

$$(3) \quad n'=7 \text{ のとき, } \frac{1}{\lambda} = 1.1 \times 10^{-2} / \text{nm} \times \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{7^2} \right) \quad \lambda = 395.9 \text{ nm} = 396 \text{ nm}$$

よって、400～700 nm の範囲で観察されるバルマー系列の輝線は $n'=3 \sim 6$ の 4 本である。

3 (1) 4f 軌道 : 7 個 5d 軌道 : 5 個 (2) 4d 軌道 : 10 個 6s 軌道 : 2 個

(3) 2p 軌道 : (2, 1, 0), (2, 1, +1), (2, 1, -1)

3d 軌道 : (3, 2, 0), (3, 2, +1), (3, 2, -1), (3, 2, +2), (3, 2, -2)

(4) 5f 軌道 (5) 6d 軌道

【解説】

(1) 4f 軌道は $l=3$ であり, $m_l=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$ の 7 個の軌道がある。また, 5d 軌道は $l=2$ であり, $m_l=0, \pm 1, \pm 2$ の 5 個の軌道がある。

(2) 4d 軌道は $l=2$ であり, $m_l=0, \pm 1, \pm 2$ の 5 個の軌道がある。つまり, $2 \times 5 = 10$ 個の電子が入る。また, 6s 軌道は $l=0$ であり, $m_l=0$ の 1 個の軌道がある。つまり, $2 \times 1 = 2$ 個の電子が入る。

4

(1) O : $1s^2 2s^2 2p^4$ または $[\text{He}] 2s^2 2p^4$

(2) Mg : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ または $[\text{Ne}] 3s^2$

- (3) $\text{Cl} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ または $[\text{Ne}] 3s^2 3p^5$
- (4) $\text{K} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ または $[\text{Ar}] 4s^1$
- (5) $\text{V} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$ または $[\text{Ar}] 3d^3 4s^2$
- (6) $\text{Cr} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ または $[\text{Ar}] 3d^5 4s^1$
- (7) $\text{Fe} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ または $[\text{Ar}] 3d^6 4s^2$
- (8) $\text{Cu} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ または $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$
- (9) $\text{Zn} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ または $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2$
- (10) $\text{Kr} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$ または $[\text{Kr}]$
- (11) $\text{Y} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^1 5s^2$ または $[\text{Kr}] 4d^1 5s^2$
- (12) $\text{Ag} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^1$ または $[\text{Kr}] 4d^{10} 5s^1$

第4章

- 1 (1) アルカリ金属 (2) ハロゲン (3) アルカリ土類金属 (4) 遷移元素

【解説】

- (1) アルカリ金属は、最外殻の s 軌道に 1 個の電子をもつため、これを失って 1 価の陽イオンになりやすい。
- (2) ハロゲンは、最外殻の s 軌道に 2 個、 p 軌道に 5 個の電子をもつため、 p 軌道に電子を 1 個受け入れて 1 価の陰イオンになりやすい。
- (3) アルカリ土類金属は、最外殻の s 軌道に 2 個の電子をもつため、これを失って 2 価の陽イオンになりやすい。
- (4) 遷移元素は、最外殻の s 軌道に 2 個または 1 個の電子をもち、原子番号が増えるにしたがって最外殻から 1 つ内側にある電子殻の d 軌道の電子が増えるため、周期表で隣り合う元素の性質が類似する。

- 2 (1) $\text{He} > \text{Ne} > \text{Ar} > \text{Xe}$ (2) $\text{He} > \text{F} > \text{O} > \text{S}$ (3) $\text{He} > \text{F} > \text{Mg} > \text{Ca}$

【解説】

- (1) He , Ne , Ar , Xe はいずれも 18 族の元素であり、原子番号が大きいほどイオン化エネルギーは小さくなる。
- (2) まず、 He は全元素の中でイオン化エネルギーが最大である。
- また、 O , F はいずれも第 2 周期の元素であり、原子番号が大きい F の方がイオン化エネルギー

は大きくなる。 $F > O$

さらに、**O**、**S** はいずれも 16 族の元素であり、原子番号が大きい **S** の方がイオン化エネルギーは小さくなる。 $O > S$

以上より、 $He > F > O > S$

(3) まず、**He** は全元素の中でイオン化エネルギーが最大である。

また、**Mg**、**Ca** はいずれも 2 族の元素であり、原子番号が大きい **Ca** の方がイオン化エネルギーは小さくなる。 $Mg > Ca$

残る **F** は、第 2 周期の元素であり、同族の **Cl** と比較すると、原子番号が大きい **Cl** の方がイオン化エネルギーは小さくなる。 $F > Cl$

Mg と **Cl** はいずれも第 3 周期の元素であり、原子番号が大きい **Cl** の方がイオン化エネルギーは大きくなる。 $Cl > Mg$

以上より、 $He > F > (Cl) > Mg > Ca$

3 Mg

理由：**Mg** 原子は、3s 軌道にある 2 個の電子を放出して 2 価の陽イオンとなることで、**Ne** と同様の安定な電子配置となる。つまり、2 価の陽イオンが安定であり、ここからさらに電子を取り去るのに多くのエネルギーが必要である。一方、**Al** 原子は、3s 軌道にある 2 個の電子と 3p 軌道にある 1 個の電子放出して 3 価の陽イオンとなることで、**Ne** と同様の安定な電子配置となる。つまり、3 価の陽イオンが安定であり、2 価の陽イオンから電子を取り去って 3 価の陽イオンとするのに必要なエネルギーは、**Mg** に比べて少なくて済む。

4 Li

理由：**Li**⁺ は **Ne** 同様の電子配置を、**K**⁺ は **Ar** 同様の電子配置をとる。同族で比較した場合、原子番号が大きいほど第一イオン化エネルギーは小さくなるので、第一イオン化エネルギーは **Ne** > **Ar** であり、第二イオン化エネルギーは **Li**⁺ > **K**⁺ となる。

5 (1) $Cl > S > Si > P$ (2) $Cl > F > H > Ar$

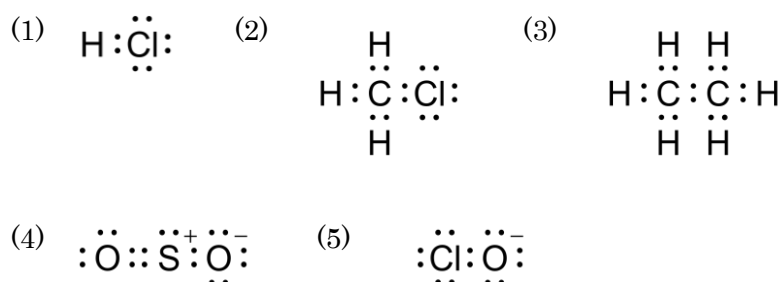
【解説】

(1) **Si**、**P**、**S**、**Cl** はいずれも第 3 周期の元素である。一般に、同周期の元素では、原子番号が大きくなるにつれて電子親和力は大きくなる傾向がある。しかし、14 族の **Si** は電子を 1 個受け入れると p 軌道が半閉殻となって安定な電子配置になるが、15 族の **P** は電子を受け入れる前から半閉殻なので、電子親和力は **Si** > **P** となる。

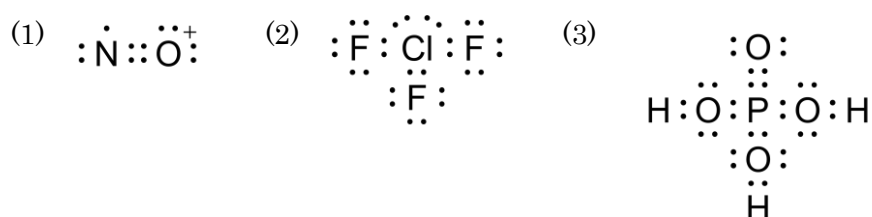
(2) 電子を 1 個受け入れることで p 軌道が閉殻となるハロゲンは、同周期の元素の中で電子親和力が最大である。さらに、Cl は全元素の中で電子親和力が最大である。また、H は電子を 1 個受け入れると、貴ガスの He と同様の安定な電子配置をとるため、電子親和力が比較的大きい。一方、貴ガスである Ar は、原子の状態で安定な電子配置なので、電子を 1 個受け入れても安定にならず、電子親和力は負の値をとる。

第 5 章

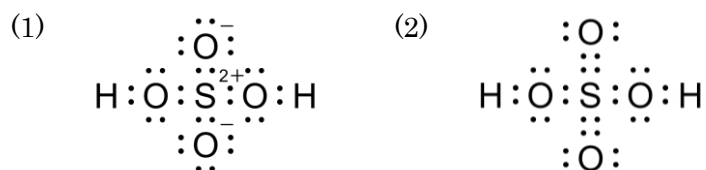
1



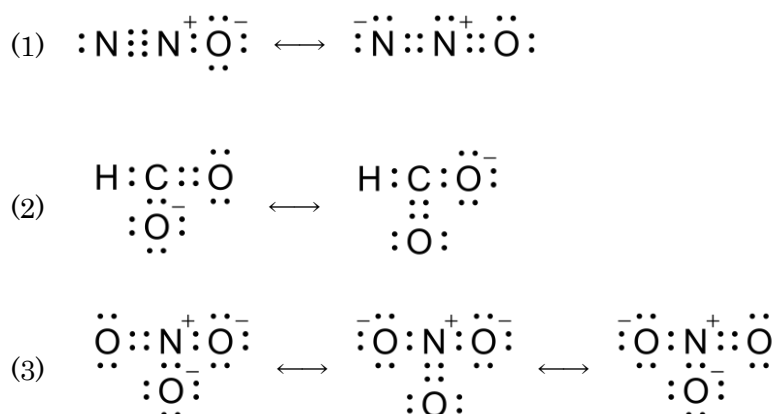
2



3

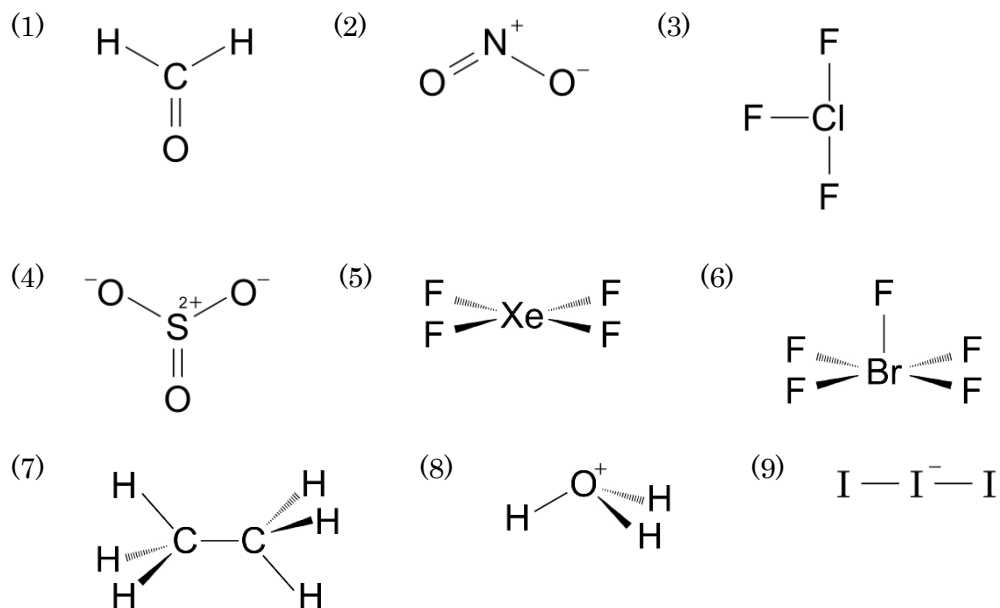


4



第6章

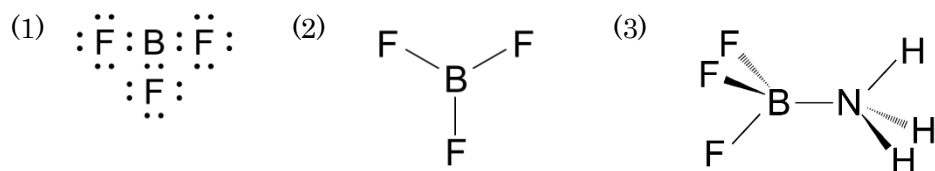
1



2 極性分子：①，③，⑤，⑦

無極性分子：②，④，⑥，⑧

3



4

- (1) $\text{Ar} > \text{Ne} > \text{He}$
- (2) $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{Se} > \text{H}_2\text{S}$
- (3) $\text{H}_2\text{O} > \text{HF} > \text{NH}_3$
- (4) プロパン > エタン > メタン
- (5) ペンタン > 2-メチルブタン > 2,2-ジメチルプロパン
- (6) エタノール > メタノール > プロパン

第7章

1

- (1) 2.4×10^{23} 個 (2) 3.6×10^{23} 個 (3) 1.6 g (4) 15 g (5) 5.6 L

【解説】

$$(1) \quad 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} \times 0.20 \text{ mol} \times 2 = 2.4 \times 10^{23}$$

$$(2) \quad 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} \times \frac{19 \text{ g}}{95 \text{ g/mol}} \times 3 = 3.6 \times 10^{23}$$

$$(3) \quad \frac{2.4 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} \times \frac{1}{4} \times 16 \text{ g/mol} = 1.6 \text{ g}$$

$$(4) \quad 1.0 \text{ g/mol} \times \frac{112 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 3 = 15 \text{ g}$$

$$(5) \quad 22.4 \text{ L/mol} \times \frac{7.0 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 5.6 \text{ L}$$

2 794 倍

【解説】

ドライアイス 1 cm^3 を昇華させて得られる気体の CO_2 の体積は,

$$22.4 \text{ L/mol} \times \frac{1.56 \text{ g/cm}^3 \times 1 \text{ cm}^3}{44.0 \text{ g/mol}} = 0.7941 \text{ L} \div 794 \text{ mL}$$

3 M_2O_3

【解説】

$$\text{M} : \text{O} = \frac{1.0 \text{ g}}{56 \text{ g/mol}} : \frac{1.5 \text{ L} \times \frac{1}{4+1}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 2 = 2 : 3$$

- (1) 12.0 mol/L (2) 塩化水素 : 219 g 水 : 381 g (3) 5.0×10 mL

【解説】

- (1) 1 L ($=1 \times 10^3 \text{ cm}^3$) の濃塩酸に含まれる塩化水素の物質量は,

$$\frac{1.20 \text{ g/cm}^3 \times 1 \times 10^3 \text{ cm}^3 \times \frac{36.5}{100}}{36.5 \text{ g/mol}} = 12.0 \text{ mol}$$

- (2) 必要な塩化水素の質量は,

$$36.5 \text{ g/mol} \times 12.0 \text{ mol/L} \times 0.500 \text{ L} = 219 \text{ g}$$

必要な水の質量は,

$$1.20 \text{ g/cm}^3 \times 500 \text{ cm}^3 - 219 \text{ g} = 381 \text{ g}$$

- (3) 必要な濃硫酸の体積を v とすると,

$$12.0 \text{ mol/L} \times v = 1.2 \text{ mol/L} \times 0.500 \text{ L} \quad v = 0.050 \text{ L} = 5.0 \times 10 \text{ mL}$$

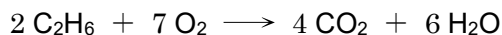
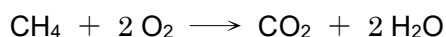
- 5 メタン : 0.10 mol エタン : 0.20 mol

【解説】

混合気体に含まれる CH_4 の物質量を x , C_2H_6 の物質量を y とすると, 混合気体の体積が 6.72 L であることから,

$$x + y = \frac{6.72 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.300 \text{ mol} \quad \cdots \quad \textcircled{1}$$

また, CH_4 および C_2H_6 の完全燃焼は次の化学反応式で表される。



生じた CO_2 の質量が 44 g であることから,

$$x + 2y = \frac{22 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0.50 \text{ mol} \quad \cdots \quad \textcircled{2}$$

①, ②より,

$$x = 0.10 \text{ mol}, \quad y = 0.20 \text{ mol}$$

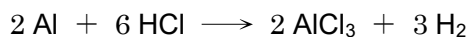
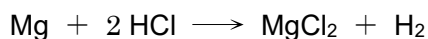
- (1) Mg : 0.36 g Al : 0.27 g (2) 0.40 mol/L

【解説】

- (1) 混合物に含まれる Mg の物質量を x , Al の物質量を y とすると, 混合物の質量が 0.630 g であることから,

$$24 \text{ g/mol} \times x + 27 \text{ g/mol} \times y = 0.630 \text{ g} \quad \cdots \text{①}$$

また, Mg および Al を塩酸に加えたときの反応は次の化学反応式で表される。



生じた H_2 の体積が 0.672 L であることから,

$$x + \frac{3}{2}y = \frac{0.672 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.0300 \text{ mol} \quad \cdots \text{②}$$

- ①, ②より, $x = 0.0150 \text{ mol}$, $y = 0.0100 \text{ mol}$

よって, Mg および Al の質量は,

$$\text{Mg} : 24 \text{ g/mol} \times 0.0150 \text{ mol} = 0.36 \text{ g}$$

$$\text{Al} : 27 \text{ g/mol} \times 0.0100 \text{ mol} = 0.27 \text{ g}$$

- (2) 残っている HCl のモル濃度は,

$$\frac{1.00 \text{ mol/L} \times 0.100 \text{ L} - (0.0150 \text{ mol} \times 2 + 0.0100 \text{ mol} \times 3)}{0.100 \text{ L}} = 0.40 \text{ mol/L}$$

第8章

- 1 $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} > \text{HCO}_3^-$

【解説】

- (1)より $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{CO}_3$, (2)より $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} > \text{HCO}_3^-$, (3)より $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$

- (1) 1.52 (2) 10.70 (3) 12.0 (4) 12.70

【解説】

- (1) $[\text{H}^+] = 0.030 \text{ mol/L}$

$$\text{pH} = -\log_{10}(0.030) = 1.522 \doteq 1.52$$

(2) $[\text{OH}^-] = 0.050 \text{ mol/L} \times 0.010 = 5.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

$$\text{pOH} = -\log_{10}(5.0 \times 10^{-4}) = 3.301$$

$$\text{pH} = 14 - 3.301 = 10.699 \div 10.70$$

(3) 希釈前は, $\text{pH} = 13.0$ より,

$$\text{pOH} = 14.00 - 13.0 = 1.0 \quad \text{つまり, } [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$$

10 倍に希釈すると,

$$[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L} \times \frac{1}{10} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \quad \text{つまり, } \text{pOH} = 2.0$$

$$\text{pH} = 14.00 - 2.0 = 12.0$$

(4) 混合前の

希硝酸に含まれる H^+ の物質量は,

$$0.030 \text{ mol/L} \times 0.100 \text{ L} \times 1 = 3.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

水酸化カルシウム水溶液に含まれる OH^- の物質量は,

$$0.010 \text{ mol/L} \times 0.100 \text{ L} \times 2 = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

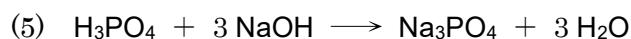
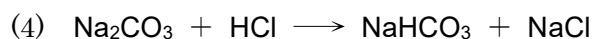
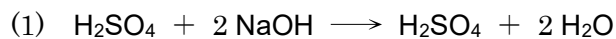
よって, OH^- が過剰であり,

$$[\text{OH}^-] = \frac{3.0 \times 10^{-3} \text{ mol} - 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.100 \text{ L} + 0.100 \text{ L}} = 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$\text{pOH} = -\log_{10}(5.0 \times 10^{-2}) = 1.301$$

$$\text{pH} = 14 - 1.301 = 12.699 \div 12.70$$

3



- (1) 0.320 mol/L (2) 6.7 mL (3) $1.6 \times 10^2 \text{ g}$ (4) $3.20 \times 10^{-3} \text{ mol}$

【解説】

- (1) 酢酸水溶液のモル濃度を c とすると,

$$c \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} \times 1 = 0.200 \text{ mol/L} \times \frac{16.0}{1000} \text{ L} \times 1 \quad c = 0.320 \text{ mol/L}$$

- (2) 水酸化ナトリウム水溶液の体積を v とすると,

$$0.10 \text{ mol/L} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} \times 2 = 0.15 \text{ mol/L} \times v \times 1 \quad v = 6.66 \times 10^{-3} \text{ L} \doteq 6.7 \text{ mL}$$

- (3) 炭酸ナトリウム水溶液の質量を w とすると,

$$12 \text{ mol/L} \times \frac{250}{1000} \text{ L} \times 1 = \frac{w}{106 \text{ g/mol}} \times 2 \quad w = 159 \text{ g} \doteq 1.6 \times 10^2 \text{ g}$$

- (4) アンモニアの物質量を n とすると,

$$0.200 \text{ mol/L} \times \frac{20.0}{1000} \text{ L} \times 2 = n \times 1 + 0.200 \text{ mol/L} \times \frac{24.0}{1000} \text{ L} \times 1$$

$$n = 3.20 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

- 5 (1) $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ (2) $6.25 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

【解説】

$$(1) \frac{\frac{1.26 \text{ g}}{126 \text{ g/mol}}}{0.200 \text{ L}} = 5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

- (2) 水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を c とすると,

$$5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} \times 2 = c \times \frac{16.0}{1000} \text{ L} \times 1 \quad c = 6.25 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

第9章

1

- (1) 酸化剤 : SO_2 , S ($+4 \rightarrow 0$) 還元剤 : H_2S , S ($-2 \rightarrow 0$)
(2) 酸化剤 : HNO_3 , N ($+5 \rightarrow +4$) 還元剤 : Ag , Ag ($0 \rightarrow +1$)
(3) 酸化剤 : FeCl_3 , Fe ($+3 \rightarrow +2$) 還元剤 : SnCl_2 , Sn ($+2 \rightarrow +4$)
(4) $\times$
(5) 酸化剤 : KMnO_4 , Mn ($+5 \rightarrow +2$) 還元剤 : H_2O_2 , O ($-1 \rightarrow 0$)

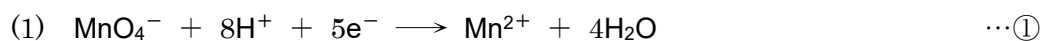
2

- (1) $2\text{KI} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
(2) $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \longrightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$
(3) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \longrightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2$
(4) $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{HF} + \text{O}_2$
(5) $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{SO}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

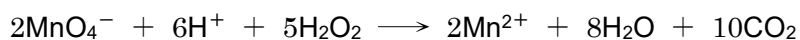
3

- (1) $2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \longrightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + 10\text{CO}_2$
(2) 0.0200 mol/L
(3) 2.91%

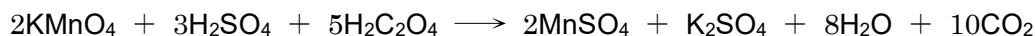
【解説】



$\textcircled{1} \times 2 + \textcircled{2} \times 5$ より,



$+2\text{K}^+$, $+3\text{SO}_4^{2-}$ より,



- (2) 過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度を x とすると,

$$x \times \frac{10.00}{1000} \text{ L} \times 5 = 0.0500 \text{ mol/L} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} \times 2 \quad x = 0.0200 \text{ mol/L}$$

- (3) オキシドール中の過酸化水素のモル濃度を y とすると,

$$0.0200 \text{ mol/L} \times \frac{17.30}{1000} \text{ L} \times 5 = \frac{y}{10.0} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} \times 2 \quad x = 0.865 \text{ mol/L}$$

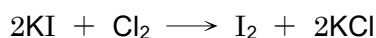
よって、過酸化水素の質量パーセント濃度は、

$$\frac{34.0 \text{ g/mol} \times 0.865 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L}}{1.01 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ cm}^3} = 2.911 \times 10^{-2} = 2.91 \%$$

4 $2.24 \times 10^{-2} \text{ L}$

【解説】

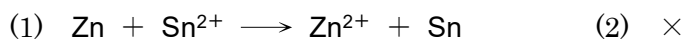
ヨウ化カリウム水溶液に塩素を通じると、通じた塩素と等しい物質量のヨウ素が生じる。



この反応で生じたヨウ素をチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定しているので、通じた塩素の体積を v とすると、

$$\frac{v}{22.4 \text{ L/mol}} \times 2 = 0.100 \text{ mol/L} \times \frac{20.0}{1000} \text{ L} \times 1 \quad v = 2.24 \times 10^{-2} \text{ L}$$

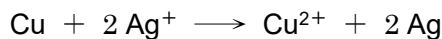
5



6 0.192 mol/L

【解説】

起こる反応のイオン反応式は、



溶解した Cu の物質量を x [mol] とすると、析出する Ag の物質量は $2x$ [mol] なので、

$$5.000 \text{ g} - 64 \text{ g/mol} \times x \text{ [mol]} + 108 \text{ g/mol} \times 2x \text{ [mol]} = 5.304 \text{ g}$$

$$x = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

よって、銀イオンのモル濃度は、

$$\frac{0.200 \text{ mol/L} \times \frac{500}{1000} \text{ L} - 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 2}{\frac{500}{1000} \text{ L}} = 0.192 \text{ mol/L}$$

第 10 章

1

$$(1) \quad 0.830 \text{ L} \quad (2) \quad 2.21 \text{ L} \quad (3) \quad 633 \text{ mmHg} \quad (631 \text{ mmHg})$$

$$(4) \quad 6.73 \times 10^{-2} \text{ mol} \quad (5) \quad 32$$

【解説】

$$(1) \quad 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} \times 1.66 \text{ L} = 2.02 \times 10^5 \text{ Pa} \times V \quad V = 1.66 \text{ L} \times \frac{1.01 \times 10^5 \text{ Pa}}{2.02 \times 10^5 \text{ Pa}} = 0.830 \text{ L}$$

$$(2) \quad \frac{1.66 \text{ L}}{(27+273) \text{ K}} = \frac{V}{(127+273) \text{ K}} \quad V = 1.66 \text{ L} \times \frac{400 \text{ K}}{300 \text{ K}} = 2.213 \text{ L}$$

$$(3) \quad \frac{1.01 \times 10^5 \text{ Pa} \times 1.66 \text{ L}}{(27+273) \text{ K}} = \frac{p \times 3.32 \text{ L}}{(227+273) \text{ K}}$$

$$p = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{1.66 \text{ L}}{3.32 \text{ L}} \times \frac{500 \text{ K}}{300 \text{ K}} \times \frac{760 \text{ mmHg}}{1.013 \times 10^5 \text{ Pa}} = 633.3 \text{ mmHg}$$

$$(4) \quad n = \frac{pV}{RT} = \frac{1.01 \times 10^5 \text{ Pa} \times 1.66 \text{ L}}{8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol}) \times (27+273) \text{ K}} = 6.725 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$(5) \quad d = \frac{w}{V} = \frac{pM}{RT} \text{ より,}$$

$$M = \frac{dRT}{p} = \frac{1.3 \text{ g/L} \times 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol}) \times (27+273) \text{ K}}{1.01 \times 10^5 \text{ Pa}} = 32.0 \text{ g/mol}$$

$$2 \quad (1) \quad 1.9 \times 10^2 \text{ mmHg}, 2.5 \times 10^4 \text{ Pa} \quad (2) \quad 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$(3) \quad \text{左側のほうが } 57 \text{ cm 高い}$$

【解説】

$$(1) \quad 1.9 \times 10^2 \text{ mmHg} \times \frac{1.01 \times 10^5 \text{ Pa}}{760 \text{ mmHg}} = 2.52 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$(2) \quad n = \frac{pV}{RT} = \frac{2.52 \times 10^4 \text{ Pa} \times 2.0 \text{ L}}{8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol}) \times (27+273) \text{ K}} = 2.02 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$(3) \quad 760 \text{ mmHg} - 1.9 \times 10^2 \text{ mmHg} = 5.7 \times 10^2 \text{ mmHg}$$

- 3 (1) $7.2 \times 10^4 \text{ Pa}$ (2) $6.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ (3) 37 (4) 0.89 g/L

【解説】

$$(1) \quad 6.0 \times 10^4 \text{ Pa} \times 2.0 \text{ L} = p_{\text{CO}} \times (2.0 \text{ L} + 3.0 \text{ L}) \quad p_{\text{CO}} = 2.4 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$8.0 \times 10^4 \text{ Pa} \times 3.0 \text{ L} = p_{\text{O}_2} \times (2.0 \text{ L} + 3.0 \text{ L}) \quad p_{\text{O}_2} = 4.8 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$\text{全圧は, } p_{\text{CO}} + p_{\text{O}_2} = 2.4 \times 10^4 \text{ Pa} + 4.8 \times 10^4 \text{ Pa} = 7.2 \times 10^4 \text{ Pa}$$

(2)

	2 CO	+	O_2	$\longrightarrow$	2 CO_2	
反応前	2.4		4.8		0	
変化量	-2.4		-1.2		+2.4	
反応後	0		3.6		2.4	($\times 10^4 \text{ Pa}$)

$$\text{全圧は, } 3.6 \times 10^4 \text{ Pa} + 2.4 \times 10^4 \text{ Pa} = 6.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$(3) \quad 32.0 \times \frac{3.6}{6.0} + 44.0 \times \frac{2.4}{6.0} = 36.8$$

$$(4) \quad \frac{w}{V} = \frac{pM}{RT} = \frac{6.0 \times 10^4 \text{ Pa} \times 36.8 \text{ g/mol}}{8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times (27 + 273) \text{ K}} = 0.885 \text{ g/L}$$

- 4 (1) 理想気体の状態方程式： $2.49 \times 10^7 \text{ Pa}$

ファンデルワールスの状態方程式： $2.07 \times 10^7 \text{ Pa}$

- (2) 理想気体の状態方程式： $3.32 \times 10^7 \text{ Pa}$

ファンデルワールスの状態方程式： $3.67 \times 10^7 \text{ Pa}$

- (3) 操作1：分子間力の影響 操作2：分子の大きさの影響

【解説】

$$(1) \quad \text{モル体積は, } \frac{0.100 \text{ L}}{1.00 \text{ mol}} = 0.100 \text{ L/mol}$$

理想気体の状態方程式

$$p = \frac{RT}{V_m} = \frac{8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 300 \text{ K}}{0.100 \text{ L/mol}}$$

$$= 2.493 \times 10^7 \text{ Pa} \doteq 2.49 \times 10^7 \text{ Pa}$$

ファンデルワールスの状態方程式

$$\begin{aligned} p &= \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2} \\ &= \frac{8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 300 \text{ K}}{0.100 \text{ L/mol} - 4.28 \times 10^{-2} \text{ L/mol}} - \frac{229 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}^2/\text{mol}^2}{(0.100 \text{ L/mol})^2} \\ &= 4.358 \times 10^7 \text{ Pa} - 2.29 \times 10^7 \text{ Pa} = 2.068 \times 10^7 \text{ Pa} \doteq 2.07 \times 10^7 \text{ Pa} \end{aligned}$$

(2) モル体積は, $\frac{0.0750 \text{ L}}{1.00 \text{ mol}} = 0.0750 \text{ L/mol}$

理想気体の状態方程式

$$\begin{aligned} p &= \frac{RT}{V_m} = \frac{8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 300 \text{ K}}{0.0750 \text{ L/mol}} \\ &= 3.324 \times 10^7 \text{ Pa} \doteq 3.32 \times 10^7 \text{ Pa} \end{aligned}$$

ファンデルワールスの状態方程式

$$\begin{aligned} p &= \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2} \\ &= \frac{8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 300 \text{ K}}{0.0750 \text{ L/mol} - 4.28 \times 10^{-2} \text{ L/mol}} - \frac{229 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}^2/\text{mol}^2}{(0.0750 \text{ L/mol})^2} \\ &= 7.742 \times 10^7 \text{ Pa} - 4.071 \times 10^7 \text{ Pa} = 3.671 \times 10^7 \text{ Pa} \doteq 3.67 \times 10^7 \text{ Pa} \end{aligned}$$

- (3) 同温・同圧で比較した場合, 分子間力の影響により, 実在気体の圧力は理想気体に比べて小さくなる。また, 同温・同圧で比較した場合, 分子自身の体積の影響により, 実在気体の圧力は理想気体に比べて大きくなる。

第 11 章

1 $w = 1 \text{ kJ}$ $\Delta U = -282 \text{ kJ}$

【解説】

	2 CO	+	O ₂	→	2 CO ₂	
反応前	1.0		1.0		0	
変化量	-1.0		-0.50		+1.0	
反応後	0		0.5		1.0	(mol)

$$q = \Delta H = -283 \text{ kJ/mol} \times 1.0 \text{ mol} = -283 \text{ kJ}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta nRT}{p} = \frac{-0.5 \text{ mol} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 298 \text{ K}}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

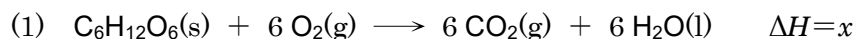
$$= -12 \text{ L} = -1.2 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$w = -p \Delta V = -1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times (-1.2 \times 10^{-2} \text{ m}^3) = 1.2 \times 10^3 \text{ J} = 1.2 \text{ kJ} \doteq 1 \text{ kJ}$$

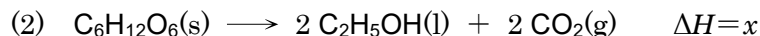
$$\Delta U = q + w = -283 \text{ kJ} + 1.2 \text{ kJ} = -281.8 \text{ kJ} \doteq -282 \text{ kJ}$$

2 (1) -2807 kJ (2) -71 kJ (3) -1368 kJ

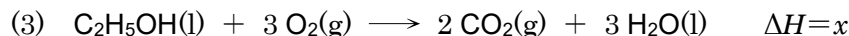
【解説】



$$\begin{aligned} x &= -\{(-1273 \text{ kJ/mol}) \times 1 \text{ mol}\} + (-394 \text{ kJ/mol}) \times 6 \text{ mol} + (-286 \text{ kJ/mol}) \times 6 \text{ mol} \\ &= -2807 \text{ kJ} \end{aligned}$$



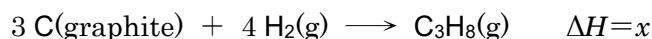
$$\begin{aligned} x &= -\{(-1273 \text{ kJ/mol}) \times 1 \text{ mol}\} + (-278 \text{ kJ/mol}) \times 2 \text{ mol} + (-394 \text{ kJ/mol}) \times 2 \text{ mol} \\ &= -71 \text{ kJ} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} x &= -\{(-278 \text{ kJ/mol}) \times 1 \text{ mol}\} + (-394 \text{ kJ/mol}) \times 2 \text{ mol} + (-286 \text{ kJ/mol}) \times 3 \text{ mol} \\ &= -1368 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3 -106 kJ/mol

【解説】



$$\begin{aligned} x &= (-394 \text{ kJ/mol}) \times 3 \text{ mol} + (-286 \text{ kJ/mol}) \times 4 \text{ mol} - (-2220 \text{ kJ/mol}) \times 1 \text{ mol} \\ &= -106 \text{ kJ} \end{aligned}$$

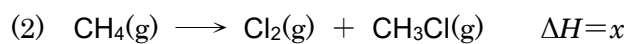
4

(1) -185 kJ (2) -169 kJ (3) -174 kJ

【解説】



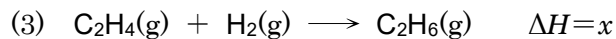
$$\begin{aligned} x &= (+436 \text{ kJ/mol}) \times 1 \text{ mol} + (+243 \text{ kJ/mol}) \times 1 \text{ mol} - \{(+432 \text{ kJ/mol}) \times 2 \text{ mol}\} \\ &= -185 \text{ kJ} \end{aligned}$$



$$x = (+416 \text{ kJ/mol}) \times 4 \text{ mol}$$

$$- \{ (+243 \text{ kJ/mol}) \times 1 \text{ mol} + (+416 \text{ kJ/mol}) \times 3 \text{ mol} + (+342 \text{ kJ/mol}) \times 1 \text{ mol} \}$$

$$= -169 \text{ kJ}$$



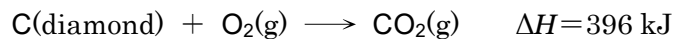
$$x = (+416 \text{ kJ/mol}) \times 4 \text{ mol} + (+590 \text{ kJ/mol}) \times 1 \text{ mol} + (+436 \text{ kJ/mol}) \times 1 \text{ mol}$$

$$- \{ (+416 \text{ kJ/mol}) \times 6 \text{ mol} + (+368 \text{ kJ/mol}) \times 1 \text{ mol} \}$$

$$= -174 \text{ kJ}$$

$$5 \quad +357 \text{ kJ/mol}$$

【解説】



ダイヤモンド中の C—C 結合の結合解離エンタルピーを x [kJ/mol] とすると、1 mol のダイヤモンドには 2 mol の C—C 結合が含まれることに注意して、

$$-396 \text{ kJ} = x \text{ [kJ/mol]} \times 2 \text{ mol} + (+498 \text{ kJ/mol}) \times 1 \text{ mol} - (+804 \text{ kJ/mol}) \times 2 \text{ mol}$$

$$x = +357 \text{ kJ/mol}$$

$$6 \quad +2635 \text{ kJ/mol}$$

【解説】

$$-(-1220 \text{ kJ}) + (+178 \text{ kJ}) + (+158 \text{ kJ}) + (+590 \text{ kJ}) + (+1145 \text{ kJ}) + (-328 \text{ kJ}) \times 2$$

$$= +2635 \text{ kJ}$$

第 12 章

1

- (1) 64 (2) 右 (3) 1.20 mol

【解説】

(1)

	H_2	+	I_2	$\rightleftharpoons$	2HI
反応前	0.50 mol		0.50 mol		0 mol
変化量	-0.40 mol		-0.40 mol		+0.80 mol
平衡時	0.10 mol		0.10 mol		0.80 mol

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{\left(\frac{0.80 \text{ mol}}{2.0 \text{ L}}\right)^2}{\frac{0.10 \text{ mol}}{2.0 \text{ L}} \times \frac{0.10 \text{ mol}}{2.0 \text{ L}}} = 64$$

$$(2) \quad \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{\left(\frac{0.50 \text{ mol}}{5.0 \text{ L}}\right)^2}{\frac{0.50 \text{ mol}}{5.0 \text{ L}} \times \frac{0.50 \text{ mol}}{5.0 \text{ L}}} = 1.0$$

これが 400 °C の平衡定数である 64 になるために、水素とヨウ素が減少し、ヨウ化水素が増加する右向きに反応が進行して平衡に達する。

(3)

	H_2	+	I_2	$\rightleftharpoons$	2HI
反応前	0.50 mol		0.50 mol		0.50 mol
変化量	-x		-x		+2x
平衡時	0.50 mol - x		0.50 mol - x		0.50 mol + 2x

$$\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = K \text{ より,}$$

$$\frac{\left(\frac{0.50 \text{ mol} + 2x}{5.0 \text{ L}}\right)^2}{\frac{0.50 \text{ mol} - x}{5.0 \text{ L}} \times \frac{0.50 \text{ mol} - x}{5.0 \text{ L}}} = 64 \quad x = 0.35 \text{ mol}$$

よって平衡時のヨウ化水素の物質量は、 $0.50 \text{ mol} + 2 \times 0.35 \text{ mol} = 1.20 \text{ mol}$

- (1) 4.0 (2) 0.76 mol

【解説】

(1)

	CH_3COOH	+	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\rightleftharpoons$	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	+	H_2O
反応前	0.90 mol		0.90 mol		0 mol		0 mol
変化量	-0.60 mol		-0.60 mol		+0.60 mol		+0.60 mol
平衡時	0.30 mol		0.30 mol		0.60 mol		0.60 mol

平衡時の溶液の体積を V とすると,

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]} = \frac{\frac{0.60 \text{ mol}}{V} \times \frac{0.60 \text{ mol}}{V}}{\frac{0.30 \text{ mol}}{V} \times \frac{0.30 \text{ mol}}{V}} = 4.0$$

- (2) はじめの平衡に達した後にさらに 0.90 mol のエタノールを加えたときの平衡状態は, 最初のエタノールを $(0.90 + 0.90 =)$ 1.80 mol にしたときに達する平衡状態と同じである。再び平衡に達したときの酢酸エチルの物質量を x とすると,

	CH_3COOH	+	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\rightleftharpoons$	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	+	H_2O
反応前	0.90 mol		1.80 mol		0 mol		0 mol
変化量	$-x$		$-x$		$+x$		$+x$
平衡時	$0.90 \text{ mol} - x$		$1.80 \text{ mol} - x$		x		x

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]} = K \text{ より,}$$

$$\frac{\frac{x}{V'} \times \frac{x}{V'}}{\frac{0.90 \text{ mol} - x}{V'} \times \frac{1.80 \text{ mol} - x}{V'}} = 4.0$$

$$0 \text{ mol} < x < 0.90 \text{ mol} \text{ より, } x = 0.760 \text{ mol} \doteq 0.76 \text{ mol}$$

- (1) 0.20 (2) $2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ (3) 0.13 mol

【解説】

- (1) はじめに封入した N_2O_4 の物質量を n ，平衡状態における解離度を α とすると，

	N_2O_4	$\rightleftharpoons$	2 NO_2	全物質質量
反応前	n		0	n
変化量	$-n\alpha$		$+2n\alpha$	$+n\alpha$
平衡時	$n(1-\alpha)$		$2n\alpha$	$n(1+\alpha)$

平衡時の混合気体について，

$$1.20 \times 10^5 \text{ Pa} \times 4.98 \text{ L} = 0.20 \text{ mol} \times (1+\alpha) \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol}) \times 300 \text{ K}$$

$$\alpha = 0.20$$

$$(2) \quad P_{\text{N}_2\text{O}_4} = P \times \frac{n(1-\alpha)}{n(1+\alpha)} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P \quad P_{\text{NO}_2} = P \times \frac{2n\alpha}{n(1+\alpha)} = \frac{2\alpha}{1+\alpha} P$$

$$\text{これらを } K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} \text{ に代入すると, } K_p = \frac{\left(\frac{2\alpha}{1+\alpha} P\right)^2}{\frac{1-\alpha}{1+\alpha} P} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P$$

$$\alpha = 0.20, \quad P = 1.20 \times 10^5 \text{ Pa} \text{ より, } K_p = \frac{0.20^2}{1-0.20^2} \times 1.20 \times 10^5 \text{ Pa} = 2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

または，

$$n_{\text{N}_2\text{O}_4} = 0.20 \text{ mol} \times (1-0.20) = 0.16 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NO}_2} = 2 \times 0.20 \text{ mol} \times 0.20 = 0.080 \text{ mol}$$

$$P_{\text{N}_2\text{O}_4} = 1.20 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{0.16 \text{ mol}}{0.16 \text{ mol} + 0.080 \text{ mol}} = 0.80 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{NO}_2} = 1.20 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{0.080 \text{ mol}}{0.16 \text{ mol} + 0.080 \text{ mol}} = 0.40 \times 10^5 \text{ Pa}$$

よって，

$$K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{(0.40 \times 10^5 \text{ Pa})^2}{0.80 \times 10^5 \text{ Pa}} = 2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$(3) \quad K_p = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P \text{ より, } 2.0 \times 10^4 \text{ Pa} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} \times 1.75 \times 10^5 \text{ Pa} \quad \alpha = 0.166$$

$$\text{よって, } n_{\text{N}_2\text{O}_4} = 0.20 \text{ mol} \times (1 - 0.166) = 0.133 \text{ mol} \doteq 0.13 \text{ mol}$$

4

$$(1) \quad 9.3 \times 10^{-15} \text{ Pa}^{-2}$$

$$(2) \quad 1.2 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$(3) \quad (\text{i}) \text{ 左} \quad (\text{ii}) \text{ 右} \quad (\text{iii}) \text{ 移動しない} \quad (\text{iv}) \text{ 左} \quad (\text{v}) \text{ 移動しない}$$

【解説】

$$(1) \quad \text{NH}_3 \text{ のモル百分率が } 20 \% \text{ であることから, } P_{\text{NH}_3} = 1.0 \times 10^7 \text{ Pa} \times \frac{20}{100} = 0.20 \times 10^7 \text{ Pa}$$

反応前の物質質量比が $\text{N}_2 : \text{H}_2 = 1 : 3$ かつ化学反応式の係数より、平衡時の物質質量比も $\text{N}_2 : \text{H}_2 = 1 : 3$ となるので、 N_2 は 20% 、 H_2 は 60% である。よって、

$$P_{\text{N}_2} = 1.0 \times 10^7 \text{ Pa} \times \frac{20}{100} = 0.20 \times 10^7 \text{ Pa} \quad P_{\text{H}_2} = 1.0 \times 10^7 \text{ Pa} \times \frac{60}{100} = 0.60 \times 10^7 \text{ Pa}$$

よって、この反応の圧平衡定数は、

$$\begin{aligned} K_p &= \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{N}_2} \cdot P_{\text{H}_2}^3} = \frac{(0.20 \times 10^7 \text{ Pa})^2}{0.20 \times 10^7 \text{ Pa} \times (0.60 \times 10^7 \text{ Pa})^3} = \frac{25}{27} \times 10^{-14} \text{ Pa}^{-2} \\ &= 9.3 \times 10^{-15} \text{ Pa}^{-2} \end{aligned}$$

$$(2) \quad \text{求める全圧を } P \text{ とすると, } \text{NH}_3 \text{ のモル百分率が } 60 \% \text{ であることから, } P_{\text{NH}_3} = P \times \frac{60}{100}$$

(1) と同様に、平衡時の物質質量比も $\text{N}_2 : \text{H}_2 = 1 : 3$ となるので、 N_2 は 10% 、 H_2 は 30% である。よって、

$$P_{\text{N}_2} = P \times \frac{10}{100} \quad P_{\text{H}_2} = P \times \frac{30}{100}$$

$$\frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{N}_2} \cdot P_{\text{H}_2}^3} = K_p \text{ より,}$$

$$\frac{\left(P \times \frac{60}{100}\right)^2}{P \times \frac{10}{100} \times \left(P \times \frac{30}{100}\right)^3} = \frac{25}{27} \times 10^{-14} \text{ Pa}^{-2} \quad P = 1.2 \times 10^8 \text{ Pa}$$

- (3) (i) 圧力を一定に保ったまま加熱すると、吸熱反応つまりエンタルピーが増加する右向きに平衡が移動する。
- (ii) 温度、容積を一定に保ったままアンモニアを除くと、アンモニアの濃度が増加する右向きに平衡が移動する。。
- (iii) 温度、容積を一定に保ったままアルゴンを加えても、反応に関与する物質の分圧は変化しないため、平衡は移動しない
- (iv) 温度、圧力を一定に保ったままアルゴンを加えると、反応に関与する物質の分圧は減少するため、反応に関与する気体分子の総数が増加する左向きに平衡が移動する。
- (v) 触媒の有無は平衡状態に影響を与えないので、平衡は移動しない。

5

- (1) 2.0 mol (2) (i) 右 (ii) 移動しない (iii) 左

【解説】

- (1) まず、 O_2 がすべて C(s) と反応して CO_2 に変化したとすると、

	C(s)	+	O_2	$\longrightarrow$	CO_2
反応前	20.0 mol		2.0 mol		0 mol
変化量	-2.0 mol		-2.0 mol		+2.0 mol
反応後	18.0 mol		0 mol		2.0 mol

さらに、 C(s) と CO_2 が x [mol] ずつ反応して平衡状態になったとすると、

	C(s)	+	CO_2	$\longrightarrow$	2 CO
反応前	18.0 mol		2.0 mol		0 mol
変化量	$-x$		$-x$		$+2x$
平衡時	$18.0 \text{ mol} - x$		$2.0 \text{ mol} - x$		$2x$

$$\frac{[\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]} = K \text{ より,}$$

$$\frac{\left(\frac{2x}{2.0\text{L}}\right)^2}{\frac{2.0 \text{ mol} - x}{2.0\text{L}}} = 2.0 \text{ mol/L} \quad x = 1.0 \text{ mol}$$

よって、 CO の物質量は、 $2 \times 1.0 \text{ mol} = 2.0 \text{ mol}$

- (2) (i) 温度、容積を一定に保ったまま二酸化炭素を加えると、二酸化炭素の濃度が減少する右向きに平衡が移動する。
- (ii) 温度、容積を一定に保ったまま黒鉛を加えても、固体の量は平衡に影響を与えないため平衡は移動しない。
- (iii) 温度を一定に保ったまま容積を小さくして圧力を大きくすると、気体分子の総数が減少する左向きに平衡が移動する。

第 13 章

1

- (1) 0.100 mol/L (2) 2.78 (3) 4.57 (4) 5.05 (5) 8.55 (6) 12.30

【解説】

- (1) 酢酸水溶液のモル濃度を c とすると、

$$c \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} \times 1 = 0.0500 \text{ mol/L} \times \frac{20.00}{1000} \text{ L} \times 1 \quad c = 0.100 \text{ mol/L}$$

- (2) 点 A は CH_3COOH 水溶液である。

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= \sqrt{cK_a} \\ &= \sqrt{0.100 \text{ mol/L} \times 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}} \\ &= 3.0^{1.5} \times 10^{-3.5} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(3.0^{1.5} \times 10^{-3.5}) \doteq 2.78$$

- (3) 点 B は CH_3COOH と CH_3COONa の混合水溶液、つまり緩衝液である。

	CH_3COOH	+	NaOH	$\longrightarrow$	CH_3COONa	+	H_2O	
反応前	1.00		0.500		0			
変化量	-0.500		-0.500		+0.500			
反応後	0.500		0		0.500			($\times 10^{-3} \text{ mol}$)

よって、

$$[\text{H}^+] = \frac{c_a}{c_s} K_a = \frac{\frac{0.500 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.0200 \text{ L}}}{\frac{0.500 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.0200 \text{ L}}} \times 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L} = 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(2.7 \times 10^{-5}) \doteq 4.57$$

- (4) 点 C は CH_3COOH と CH_3COONa の混合水溶液つまり緩衝液である。

	CH_3COOH	+	NaOH	$\longrightarrow$	CH_3COONa	+	H_2O	
反応前	1.00		0.750		0			
変化量	-0.750		-0.750		+0.750			
反応後	0.250		0		0.750			($\times 10^{-3} \text{ mol}$)

よって,

$$[\text{H}^+] = \frac{c_a}{c_s} K_a = \frac{\frac{0.250 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.0200 \text{ L}}}{\frac{0.750 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.0200 \text{ L}}} \times 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L} = 9.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(9.0 \times 10^{-6}) \doteq 5.05$$

- (5) 点 D は CH_3COONa 水溶液であり, そのモル濃度 c は,

$$c = \frac{1.00 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.0300 \text{ L}} = 3.33 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{c \frac{K_w}{K_a}}$$

$$= \sqrt{3.33 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}}}$$

$$= 3.51 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$\text{pOH} = -\log_{10}(3.51 \times 10^{-6}) = 5.454$$

$$\text{pH} = 14.00 - 5.454 \doteq 8.55$$

- (6) 点 E は CH_3COONa と NaOH の混合水溶液となる。

	CH_3COOH	+	NaOH	$\longrightarrow$	CH_3COONa	+	H_2O	
反応前	1.00		2.00		0			
変化量	-1.00		-1.00		+1.00			
反応後	0		1.00		1.00			($\times 10^{-3} \text{ mol}$)

CH_3COO^- の加水分解で生じる OH^- の濃度は無視できるほど小さいと考えられるので,

$$[\text{OH}^-] = \frac{1.00 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.0500 \text{ L}} = 2.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$\text{pOH} = -\log_{10}(2.00 \times 10^{-2}) = 1.698$$

$$\text{pH} = 14.00 - 1.698 \doteq 12.30$$

- (1) 9.46 (2) 9.46 (3) 11.07 (4) 5.38

【解説】

- (1) NH_3 と NH_4Cl の混合水溶液，つまり緩衝液である。

	NH_3	+	HCl	$\longrightarrow$	NH_4Cl	
反応前	1.0		0.50		0	
変化量	-0.50		-0.50		+0.50	
反応後	0.50		0		0.50	($\times 10^{-2} \text{ mol}$)

よって，

$$[\text{OH}^-] = \frac{c_b}{c_s} K_b = \frac{\frac{0.50 \times 10^{-2} \text{ mol}}{0.150 \text{ L}}}{\frac{0.50 \times 10^{-2} \text{ mol}}{0.150 \text{ L}}} \times 2.9 \times 10^{-5} \text{ mol/L} = 2.9 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$\text{pOH} = -\log_{10}(2.9 \times 10^{-5}) = 4.537$$

$$\text{pH} = 14.00 - 4.537 \doteq 9.46$$

- (2) NH_3 と NH_4Cl の混合水溶液，つまり緩衝液である。

	NH_3	+	HCl	$\longrightarrow$	NH_4Cl	
反応前	0.50		0.10		0.50	
変化量	-0.10		-0.10		+0.10	
反応後	0.40		0		0.60	($\times 10^{-2} \text{ mol}$)

よって，

$$[\text{OH}^-] = \frac{c_b}{c_s} K_b = \frac{\frac{0.40 \times 10^{-2} \text{ mol}}{0.160 \text{ L}}}{\frac{0.60 \times 10^{-2} \text{ mol}}{0.160 \text{ L}}} \times 2.9 \times 10^{-5} \text{ mol/L} = 1.93 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$\text{pOH} = -\log_{10}(1.93 \times 10^{-5}) = 4.714$$

$$\text{pH} = 14.00 - 4.714 \doteq 9.29$$

- (3) NH_3 と NH_4Cl の混合水溶液，つまり緩衝液である。

	NH_4Cl	+	NaOH	$\longrightarrow$	NH_3	+	H_2O	
反応前	0.50		0.30		0.50			
変化量	-0.30		-0.30		+0.30			
反応後	0.20		0		0.80			($\times 10^{-2} \text{ mol}$)

よって,

$$[\text{OH}^-] = \frac{c_b}{c_s} K_b = \frac{\frac{0.80 \times 10^{-2} \text{ mol}}{0.180 \text{ L}}}{\frac{0.20 \times 10^{-2} \text{ mol}}{0.180 \text{ L}}} \times 2.9 \times 10^{-5} \text{ mol/L} = 1.16 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\text{pOH} = -\log_{10}(1.16 \times 10^{-4}) = 3.935$$

$$\text{pH} = 14.00 - 3.935 \doteq 11.07$$

(4) NH_4Cl の水溶液であり, そのモル濃度 c は,

$$c = \frac{1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}}{0.200 \text{ L}} = 5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= \sqrt{c \frac{K_w}{K_b}} = \sqrt{5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{2.9 \times 10^{-5} \text{ mol/L}}} \\ &= 4.15 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

$$\text{pOH} = -\log_{10}(4.15 \times 10^{-6}) \doteq 5.38$$

3

(1) 5.59 (2) $6.8 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$

【解説】

$$(1) \quad [\text{CO}_2] = kP_{\text{CO}_2} = 3.0 \times 10^{-7} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{Pa}) \times 1.00 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{0.040}{100} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$K_{a1} \gg K_{a2}$ より, 二段階目の電離で生じる H^+ の濃度は小さく無視できるので, $[\text{H}^+] = [\text{HCO}_3^-]$

とすると,

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= \sqrt{[\text{CO}_2] K_{a1}} \\ &= \sqrt{1.2 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \times 4.5 \times 10^{-7} \text{ mol/L}} \\ &= 2.545 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(2.545 \times 10^{-6}) \doteq 5.59$$

(2) $[\text{H}^+] = 10^{-7.4} \text{ mol/L} = 3.98 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$

$$[\text{CO}_2] = kP_{\text{CO}_2} = 3.0 \times 10^{-7} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{Pa}) \times 5.0 \times 10^3 \text{ Pa} \times \frac{0.040}{100} = 6.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{H}^+]} K_{a1} = \frac{6.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}}{3.98 \times 10^{-8} \text{ mol/L}} \times 4.5 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \doteq 6.8 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

- (1) $9.6 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ (2) $1.8 \times 10^{-9} \text{ mol}$ (3) $8.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$
 (4) $9.2 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$

【解説】

- (1) 飽和水溶液のモル濃度を x [mol/L] とすると, $[\text{Ba}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}] = x$

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = K_{\text{sp}} \text{ より,}$$

$$x \times x = 9.2 \times 10^{-11} (\text{mol/L})^2$$

$$x = 9.59 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

- (2) 溶解する BaSO_4 の物質量を n [mol] とすると,

$$[\text{Ba}^{2+}] = \frac{n}{2.0 \text{ L}}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = 0.10 \text{ mol/L} + \frac{n}{2.0 \text{ L}} \doteq 0.10 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = K_{\text{sp}} \text{ より,}$$

$$\frac{n}{2.0 \text{ L}} \times 0.10 \text{ mol/L} = 9.2 \times 10^{-11} (\text{mol/L})^2$$

$$n = 1.84 \times 10^{-9} \text{ mol}$$

- (3) BaSO_4 の沈殿が生じないと仮定すると,

$$[\text{Ba}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}] = \frac{1.6 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \times v}{2v} = 8.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 8.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \times 8.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L} = 6.4 \times 10^{-11} (\text{mol/L})^2 < K_{\text{sp}}$$

よって, 沈殿は生じず, $[\text{Ba}^{2+}] = 8.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$

- (4) BaSO_4 の沈殿が生じないと仮定すると,

$$[\text{Ba}^{2+}] = \frac{0.20 \text{ mol/L} \times v}{2v} = 0.10 \text{ mol/L}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{0.40 \text{ mol/L} \times v}{2v} = 0.20 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 0.10 \text{ mol/L} \times 0.20 \text{ mol/L} = 0.020 (\text{mol/L})^2 > K_{\text{sp}}$$

よって沈殿が生じる。このとき溶解する BaSO_4 のモル濃度を y [mol/L] とすると,

$$[\text{Ba}^{2+}] = y$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = 0.10 \text{ mol/L} + y \doteq 0.10 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = K_{\text{sp}} \text{ より,}$$

$$y \times 0.10 \text{ mol/L} = 9.2 \times 10^{-11} (\text{mol/L})^2$$

$$y = 9.2 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$$

5

$$(1) \quad 4.3 \times 10^{-18} \text{ mol/L}$$

$$(2) \quad [\text{Cu}^{2+}] = 1.5 \times 10^{-12} \text{ mol/L}, \quad [\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$(3) \quad 3.47 \quad (4) \quad 1.8 \times 10^{-9} \%$$

【解説】

$$K_{\text{a1}} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad K_{\text{a2}} = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} \quad K_{\text{a1}}K_{\text{a2}} = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

$$(1) \quad [\text{H}^+] = 10^{-2.0} \text{ mol/L}$$

$$\begin{aligned} [\text{S}^{2-}] &= \frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2} K_{\text{a1}}K_{\text{a2}} = \frac{0.10 \text{ mol/L}}{(10^{-2.0} \text{ mol/L})^2} \times 1.3 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \times 3.3 \times 10^{-14} \text{ mol/L} \\ &= 4.29 \times 10^{-18} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

(2) CuS の沈殿が生じないと仮定すると,

$$[\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \times 4.29 \times 10^{-18} \text{ mol/L} > K_{\text{sp}}(\text{CuS})$$

よって沈殿が生じ, $[\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] = K_{\text{sp}}(\text{CuS})$ より,

$$[\text{Cu}^{2+}] \times 4.29 \times 10^{-18} \text{ mol/L} = 6.5 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2$$

$$[\text{Cu}^{2+}] = 1.51 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$$

また, FeS の沈殿が生じないと仮定すると,

$$[\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \times 4.29 \times 10^{-18} \text{ mol/L} < K_{\text{sp}}(\text{FeS})$$

よって沈殿は生じず, $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

(3) FeS の沈殿が生じ始めるとき, $[\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] = K_{\text{sp}}(\text{FeS})$ より,

$$1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \times [\text{S}^{2-}] = 3.7 \times 10^{-19} (\text{mol/L})^2$$

$$[\text{S}^{2-}] = 3.7 \times 10^{-15} \text{ mol/L}$$

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= \sqrt{\frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{S}^{2-}]} K_{\text{a1}}K_{\text{a2}}} = \sqrt{\frac{0.10 \text{ mol/L}}{3.7 \times 10^{-15} \text{ mol/L}} \times 1.3 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \times 3.3 \times 10^{-14} \text{ mol/L}} \\ &= 3.405 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(3.405 \times 10^{-4}) \doteq 3.47$$

(4) $[\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] = K_{\text{sp}}(\text{CuS})$ より,

$$[\text{Cu}^{2+}] \times 3.7 \times 10^{-15} \text{ mol/L} = 6.5 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2$$

$$[\text{Cu}^{2+}] = 1.75 \times 10^{-15} \text{ mol/L}$$

よって、水溶液中に存在する Cu^{2+} の割合は、

$$\frac{1.75 \times 10^{-15} \text{ mol/L}}{1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}} = 1.75 \times 10^{-11} = 1.75 \times 10^{-9} \%$$