

練習問題解答

第 1 章

1.

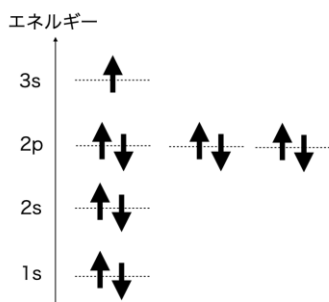
方位量子数 $\ell = 0, 1, 2, 3, 4$ 磁気量子数 $m = -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4$

原子中の電子数 110 個

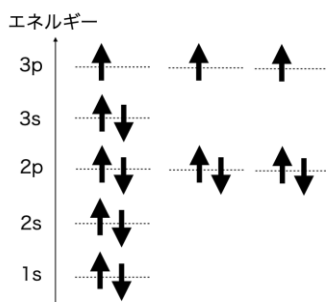
※ 主量子数 n の電子軌道に収容される電子の最大数が $2n^2$ であるとする、 $n = 5$ までの電子殻に収容される電子の総数は 110 個になるが、実際の原子番号 110 の元素（ダームスタチウム）では $n = 6, 7$ の電子殻にも電子が収容されている。この元素では、 $n = 5$ の電子殻の電子は $\ell = 3$ の軌道（f 軌道）までに収容されており、さらに 6d, 7s 軌道にも電子がある。

2.

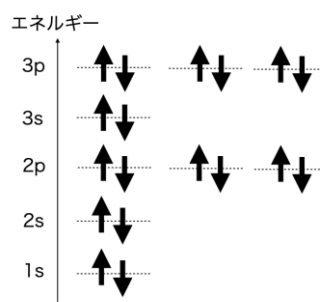
(1) Na



(2) P



(3) Ar



第 2 章

1.

(1) Li, Na, K の最外殻電子はそれぞれ L 殻, M 殻, N 殻に収容されている。したがって、イオン化エネルギーの大小は $\text{Li} > \text{Na} > \text{K}$ となる。

(2) C, O, Ne の最外殻電子はいずれも L 殻に収容されているが、原子番号の大小は $\text{Ne} >$

O > C である。したがって、イオン化エネルギーの大小は $\text{Ne} > \text{O} > \text{C}$ となる。

- (3) Cl, Br, I の最外殻電子はそれぞれ M 殻, N 殻, O 殻に収容されている。したがって、イオン化エネルギーの大小は $\text{Cl} > \text{Br} > \text{I}$ となる。

2.

Sr^{2+} と電子数の等しい貴ガス, Br^- と電子数の等しい貴ガスはいずれも Kr である。

Sr^{2+} と Br^- は同じ電子配置をもつが、原子核の電荷は Sr^{2+} のほうが大きく、電子と原子核の間の引力がより強い。したがって、 Br^- よりも Sr^{2+} のイオン半径のほうが小さい。

第 3 章

1.

(1) $(20.0 \text{ g}) / (40.0 + 12.0 + 16.0 \times 3 \text{ g/mol}) = 0.200 \text{ mol}$

(2) Ca, C は 0.200 mol, O は 0.600 mol

(3) $(6.02 \times 10^{23} / \text{mol})(0.200 \text{ mol}) = 1.20 \times 10^{23}$ 個

2.

- (1) 溶液の質量は溶質・溶媒の質量の和なので、溶液の密度は

$$(7.50 + 42.5 \text{ g}) / (45.0 \text{ mL}) = 1.11 \text{ g/mL}$$

(2) $\{(7.50 \text{ g}) / (7.50 + 42.5 \text{ g})\} \times 100 = 15.0\%$

(3) CaCl_2 の物質量は $(7.50 \text{ g}) / (40.0 + 35.5 \times 2 \text{ g/mol}) = 0.0676 \text{ mol}$

モル濃度は $(0.0676 \text{ mol}) / (0.0450 \text{ L}) = 1.50 \text{ mol/L}$

3.

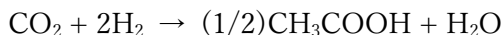
- (1) 反応物と生成物に含まれる C, O, H の原子数より、

$$\text{C の原子数} \quad a = 2c$$

$$\text{O の原子数} \quad 2a = 2c + d$$

$$\text{H の原子数} \quad 2b = 4c + 2d$$

が成り立つ。ここで、 $a = 1$ とすると、他の係数は $b = 2$, $c = 1/2$, $d = 1$ となるので、求める化学反応式は



となる。また、全体を整数化すると



となる。

第4章

1.

正四面体のイオンの配置は、立方体の中心に陽イオンを置き、上下の面の各2つずつの頂点（各面の対角線が互いに直交する方向に沿った頂点）に陰イオンを置いた配置に等しい。各イオンの半径比が限界半径比である場合、陰イオンと陽イオン、および4個の陰イオンは接している。ここで、これらのイオンを含む立方体の辺長を a とすると、イオン半径と辺長との関係は

$$r_+ + r_- = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{2}a\right)^2 + \left(\frac{1}{2}a\right)^2} = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$

$$r_- = \frac{\sqrt{2}}{2}a$$

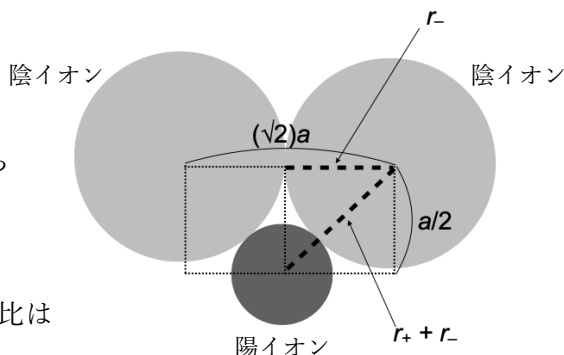
と表すことができ（右図）、これらの関係から

$$\frac{r_+ + r_-}{r_-} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}a}{\frac{\sqrt{2}}{2}a} = \sqrt{\frac{3}{2}}$$

となることがわかる。したがって、限界半径比は

$$\frac{r_+}{r_-} = \sqrt{\frac{3}{2}} - 1 = 0.225$$

と求められる。



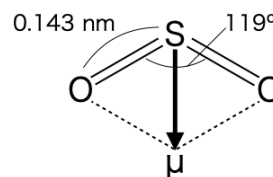
2.

S=O 結合の双極子モーメントは、結合距離とイオン結合性より
 $\mu_{\text{SO}} = (0.143 \times 10^{-9} \text{ m})(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(0.243) = 5.56 \times 10^{-30} \text{ C}\cdot\text{m}$

したがって、SO₂ の双極子モーメント（右図）は、

$$\mu = (5.56 \times 10^{-30} \text{ C}\cdot\text{m})\left(\cos \frac{119^\circ}{2}\right)(2) = 5.64 \times 10^{-30} \text{ C}\cdot\text{m} = 1.69 \text{ D}$$

となる。



3.

図中の対角線の長さは $\sqrt{2}a$ であり、また対角線の中点と立方体の中心との距離は $a/2$ （辺長の $1/2$ ）なので、

$$\frac{\theta}{2} = \tan^{-1} \frac{\frac{\sqrt{2}a}{2}}{\frac{a}{2}} = \tan^{-1} \sqrt{2}$$

が成り立つ。したがって、 $x = \sqrt{2}$ であり、 $\theta = 2 \tan^{-1} \sqrt{2} = 109.5^\circ$ である。

4.

- ① NO_2 : N 上に不対電子（電子対ではない）が1個あり、この電子と N-O の共有電子対との反発が生じるため折れ線型となる。
- ② NO_2^- : N 上に非共有電子対が1対あり、この電子と N-O の共有電子対との反発が生じるため折れ線型となる。
- ③ NO_2^+ : N 上には非共有電子対がなく、N-O の共有電子対同士の反発が最小となるような構造となるため直線型となる。

NO_2 と NO_2^- では、 NO_2^- のほうが N 上の電子と N-O の共有電子対との反発が強いため、O-N-O 結合角の大小関係は $\text{NO}_2^+ > \text{NO}_2 > \text{NO}_2^-$ となる。

※ 問題で示している電子式では、 NO_2 および NO_2^- の N-O 結合の一方が単結合、もう一方が二重結合であるような描き方をしているが、実際にはこれらの分子およびイオンでの N-O 結合は等価（電子の分布が等しい）である。

5.

この構造では、単位格子の頂点に $1/8$ 個の原子があるため、単位格子中の原子数は $1/8 \times 8 = 1$ 個である。単位格子の辺長を a とすると、原子半径（原子を球とする）は $a/2$ となるので、充填率は

$$\frac{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{a}{2}\right)^3 \times 1}{a^3} = \frac{\pi}{6} = 0.52 \text{ (52\%)}$$

となる。

第5章

1.

いずれも、理想気体の状態方程式に基づいて計算できる。(2)～(5)はボイル・シャルルの法則によっても計算できる。

$$(1) \frac{(101 \times 10^3 \text{ Pa})(5.00 \times 10^{-2} \text{ m}^3)}{(8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(293 \text{ K})} = 2.07 \text{ mol}$$

$$(2) \frac{(2.07 \text{ mol})(8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(373 \text{ K})}{(101 \times 10^3 \text{ Pa})} = 6.35 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$(3) \frac{(101 \times 10^3 \text{ Pa})(3.00 \times 10^{-2} \text{ m}^3)}{(2.07 \text{ mol})(8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})} = 176 \text{ K}$$

$$(4) \frac{(2.07 \text{ mol})(8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(293 \text{ K})}{(200 \times 10^3 \text{ Pa})} = 2.52 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$(5) \frac{(2.07 \text{ mol})(8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(293 \text{ K})}{(2.00 \times 10^{-2} \text{ m}^3)} = 2.52 \times 10^5 \text{ Pa} \quad (252 \text{ kPa})$$

2.

混合前の A および B の物質量と体積を n_A , n_B , V_A , V_B とし、混合後の全圧を P とすると、理想気体の状態方程式より

$$P(V_A + V_B) = (n_A + n_B)RT$$

となる (R は気体定数, T は温度)。ここで、混合後も温度は変わらず、また $n_A + n_B$ および $V_A + V_B$ は混合前の n_A , n_B および V_A , V_B の和なので (混合に伴って n_A , n_B が変動することではなく、また体積も混合前の体積の和としている), P は混合前の各気体の圧力からみて変化しない ($P = 101 \text{ kPa}$)。また、混合後の A および B の分圧比は、 n_A と n_B の比に等しい。この場合、 V_A , V_B より $n_A : n_B = 2 : 3$ であることがわかるので、混合後の各気体の分圧 P_A , P_B は

$$P_A = 101 \times (2/5) = 40.4 \text{ kPa}$$

$$P_B = 101 \times (3/5) = 60.6 \text{ kPa}$$

となる。

3.

この場合、水蒸気となっている水の物質量は

$$\frac{(3.60 \times 10^3 \text{ Pa})(0.100 \text{ m}^3)}{(8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(300 \text{ K})} = 0.144 \text{ mol}$$

したがって、水蒸気の質量は $(0.144 \text{ mol})(16.0 + 1.0 \times 2 \text{ g/mol}) = 2.6 \text{ g}$ となるので、液体の水の質量は

$$18.0 - 2.6 = 15.4 \text{ g}$$

となる。

第 6 章

1.

この場合の発熱量は、

$$(4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(100 + 0.806 \text{ g})(29.5 - 24.0 \text{ K}) = 2.32 \times 10^3 \text{ J}$$

である。MgO 0.806 g の物質量は $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$ なので、1 mol あたりの発熱量は

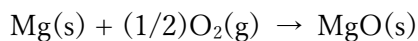
$$\frac{2.32 \times 10^3 \text{ J}}{2.00 \times 10^{-2} \text{ mol}} = 1.16 \times 10^5 \text{ J/mol} = 116 \text{ kJ/mol}$$

となる。なお、この場合は発熱反応なので、エンタルピー変化で表すと $\Delta H = -116 \text{ kJ/mol}$ である。

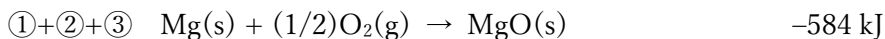
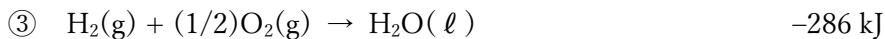
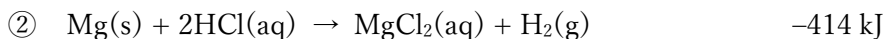
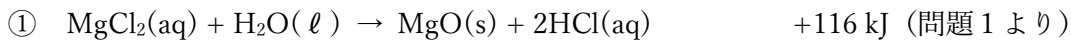
※ 上記の計算では摂氏温度 (29.5°C , 24.0°C) の差を K の単位で表しているが、 $^\circ\text{C}$ と K で温度差は同じ大きさなので、このように表しても問題は生じない。

2.

Mg(s) の燃焼反応は次式で表される。



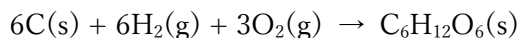
この化学反応式に合わせる形で、それぞれの化学反応式および ΔH を組み合わせると



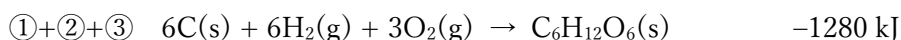
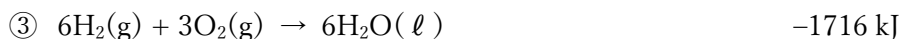
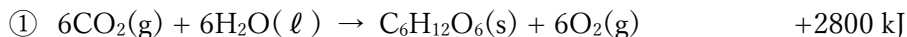
したがって、燃焼熱は $\Delta H = -584 \text{ kJ/mol}$ となる。

3.

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$ の生成反応は次式で表される。



この化学反応式に合わせる形で、 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 、 C 、 H_2 の燃焼の化学反応式および燃焼熱を組み合わせると



したがって、生成熱は $\Delta H = -1280 \text{ kJ/mol}$ となる。

第7章

1.

$$(1) \quad K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

(2) この場合、(1)の $K (= 2.0)$ は x を用いて $K = \frac{4x^2}{1.0-x} = 2.0$ と表すことができるので、こ

れを書き換えると $4x^2 + 2x - 2 = 0$ という二次方程式を得る。これを解くと $x = 0.5$ 、 -1 となるが、 $x > 0$ であるため量的に意味のある解は $x = 0.5$ である。したがって、化学平衡での NO_2 と N_2O_4 の濃度は、 $[\text{N}_2\text{O}_4] = 1 - x = 0.5 \text{ mol/L}$ 、 $[\text{NO}_2] = 2x = 1.0 \text{ mol/L}$ となる。

(3) NO_2 を取り除くと、生成物が減少するので、 N_2O_4 が分解して NO_2 が新たに生じる。

2.

$$\Delta G^\circ = \mu_{\text{NO}}^\circ + \mu_{\text{NO}_2}^\circ - \mu_{\text{N}_2\text{O}_3}^\circ = 86.6 + 51.3 - 139.4 = -1.5 \text{ kJ/mol}$$

したがって、この反応の圧平衡定数は

$$K_p = e^{-\frac{\Delta G^\circ}{RT}} = e^{-\frac{(-1.5 \times 10^3 \text{ J/mol})}{(8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(298 \text{ K})}} = 1.83$$

となる。

第 8 章

1.

$$(1) [A] = [A]_0 \cdot e^{-(0.0100)(5 \times 60)} = 0.0498[A]_0$$

したがって, $[A]$ は $[A]_0$ の 4.98% まで低下する。

(2) この場合, 速度定数 k が 0.0100 s^{-1} なので, 半減期は

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{0.0100 \text{ s}^{-1}} = 69.3 \text{ s} = 1.16 \text{ min}$$

$$(3) \frac{[A]}{[A]_0} = e^{-0.0100t} \text{ より, } t = -\frac{\ln \frac{[A]}{[A]_0}}{0.0100 \text{ s}^{-1}} = -\frac{\ln \frac{1}{10}}{0.0100 \text{ s}^{-1}} = 230 \text{ s} = 3.84 \text{ min}$$

2.

(1) 速度式を変数分離すると, $\frac{d[A]}{[A]^2} = -kdt$ となるので, 左辺・右辺をそれぞれ $[A]_0 \sim [A]$,

$0 \sim t$ の区間で定積分すると

$$\int_{[A]_0}^{[A]} \left(-\frac{1}{[A]} \right) d[A] = -k \int_0^t dt$$

$$\frac{1}{[A]_0} - \frac{1}{[A]} = -kt$$

となる。この式を変形すると, $[A]$ を t の関数として表す次式が得られる。

$$[A] = \frac{1}{\frac{1}{[A]_0} + kt}$$

$$(2) [A] = \frac{1}{\frac{1}{(1.00 \text{ mol/L})} + (0.100 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{min}^{-1})(5 \text{ min})} = 0.667 \text{ mol/L}$$

(3) $[A] = [A]_0/2$ となるまでの時間が半減期なので, この反応の場合は

$$\frac{1}{[A]_0} - \frac{1}{\frac{[A]_0}{2}} = -kt_{\frac{1}{2}} \quad \text{より} \quad t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{[A]_0 k} \quad \text{となる。したがって, 半減期は}$$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{(1.00 \text{ mol/L})(0.100 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{min}^{-1})} = 10.0 \text{ min}$$

と求められる。

※ この場合の半減期は $[A]_0$ に依存することに注意が必要である。1 次反応の場合は速

度定数だけで半減期が決まるので反応物濃度には依存しないが、それ以外の反応では一般に反応物濃度に依存する。

3.

- (1) この場合のアレニウスプロットの傾きは,

$$-\frac{\Delta E}{R} = \frac{\ln 0.0400 - \ln 0.100}{\frac{1}{298} - \frac{1}{308}} = -8410 \text{ K}$$

したがって、活性化エネルギーは

$$\Delta E = -(-8410 \text{ K})(8.31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}) = 6.99 \times 10^4 \text{ J/mol} = 69.9 \text{ kJ/mol}$$

と決定される。

- (2) 313 K での速度定数を k_{313} とすると、アレニウスの式より

$$\frac{k_{313}}{0.0400 \text{ min}^{-1}} = \frac{Ae^{-\frac{\Delta E}{313R}}}{Ae^{-\frac{\Delta E}{298R}}} = e^{-\frac{\Delta E}{R}\left(\frac{1}{313} - \frac{1}{298}\right)} = e^{(-8410 \text{ K})\left(\frac{1}{313} - \frac{1}{298}\right)} = 3.87$$

したがって、 k_{313} は 298 K での速度定数 (0.0400 min^{-1}) の 3.87 倍となる。

第 9 章

1.

- (1) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1.80 g の物質量は $2.43 \times 10^{-2} \text{ mol}$ なので、この量の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が水 1 L 中で電離すると、 OH^- のモル濃度は $[\text{OH}^-] = 4.86 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ となる ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1 mol から OH^- 2 mol が生じる)。したがって、この水溶液の pH は

$$\text{pH} = -\log_{10} \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = -\log_{10} \frac{1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2}{4.86 \times 10^{-2} \text{ mol/L}} = 12.7$$

となる。

- (2) OH^- $4.86 \times 10^{-2} \text{ mol}$ を中和するので、 HCl も $4.86 \times 10^{-2} \text{ mol}$ を要する。したがって、必要な HCl 水溶液の体積は

$$\frac{4.86 \times 10^{-2} \text{ mol}}{0.0500 \text{ mol/L}} = 0.972 \text{ L}$$

である。

2.

この場合、電離定数 K_a が非常に小さいので、電離度を $\alpha \ll 1$ とすると $[H^+]$ は濃度 C と K_a を用いて近似的に $[H^+] = \sqrt{CK_a}$ と表すことができる。したがって、pH は

$$\text{pH} = -\log_{10}\sqrt{CK_a} = -\log_{10}\sqrt{(1.36 \times 10^{-5})(4.50 \times 10^{-7})} = 5.61$$

と求められる。

3.

(1) この緩衝溶液の pH は、ヘンダーソン・ハッセルバルヒの式を用いて

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log_{10} \frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

と表すことができる。この式に、 $\text{pH} = 7.40$, $\text{p}K_{a2} = 7.20$, $[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 0.0100 \text{ mol/L}$ を代入して $[\text{HPO}_4^{2-}]$ を求めると

$$[\text{HPO}_4^{2-}] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-] \cdot 10^{\text{pH} - \text{p}K_{a2}} = (0.0100) \cdot 10^{7.40 - 7.20} = 0.0158 \text{ mol/L}$$

となる。

(2) この場合、溶液中の H_2PO_4^- および HPO_4^{2-} の物質量は、添加された NaOH の物質質量分だけそれぞれ減少・増加し、また溶液全体の体積は 100.500 mL となる。したがって、NaOH 添加後の $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$, $[\text{HPO}_4^{2-}]$ は

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = \frac{(0.0100 \text{ mol/L})(0.100 \text{ L}) - (1.00 \text{ mol/L})(5.00 \times 10^{-4} \text{ L})}{0.1005 \text{ L}} = 4.98 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{HPO}_4^{2-}] = \frac{(0.0158 \text{ mol/L})(0.100 \text{ L}) + (1.00 \text{ mol/L})(5.00 \times 10^{-4} \text{ L})}{0.1005 \text{ L}} = 2.07 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

したがって、求める pH は

$$\text{pH} = 7.20 + \log_{10} \frac{2.07 \times 10^{-2}}{4.98 \times 10^{-3}} = 7.82$$

となる。

4.

この滴定で滴下された NaOH の物質量は $(0.100 \text{ mol/L})(6.50 \times 10^{-3} \text{ L}) = 6.50 \times 10^{-4} \text{ mol}$ なので、この量の NaOH と中和反応したクエン酸の物質量は $(6.50 \times 10^{-4} \text{ mol})/3 = 2.17 \times 10^{-4} \text{ mol}$ である。この量のクエン酸が、試料である清涼飲料水 5.00 mL に含まれているので、クエン酸のモル濃度は

$$\frac{2.17 \times 10^{-4} \text{ mol}}{5.00 \times 10^{-3} \text{ L}} = 4.34 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

である。

また、クエン酸 $2.17 \times 10^{-4} \text{ mol}$ は $4.17 \times 10^{-2} \text{ g}$ なので、クエン酸の質量パーセント濃度は

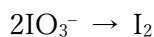
$$\frac{4.17 \times 10^{-2} \text{ g}}{5.00 \text{ g}} \times 100 = 0.834\%$$

である。

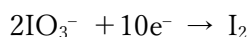
第 10 章

1.

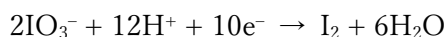
- (1) この場合、反応の前後で酸化数が変化するのは I である。 IO_3^- の I の酸化数は +5 であり、 I_2 の I の酸化数は 0 である。これらの I の数をそろえる形で反応物・生成物を記述すると



となる。続いて、上記の酸化数の変化に対応する電子の総数は 10 個なので、反応物に電子を加えると

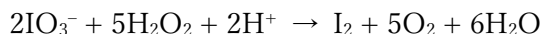
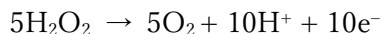
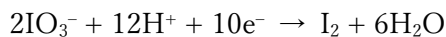


となる。最後に、反応物・生成物の電荷の総和がそろえるように反応物に H^+ を加える (IO_3^- に含まれる O は水になる) と



が得られる。

- (2) 2 つの半反応式の電子数をそろえ、電子が消去される形で足し合わせると酸化還元反応式が得られる。



2.

この場合、 $+0.53 \text{ V} > +0.15 \text{ V}$ なので、 Sn^{2+} から I_2 に電子移動する方向に反応が進行する。

- (1) 進行する。
(2) 進行しない。

3.

i)の結果より, $[\text{Fe}^{2+}]$ は

$$[\text{Fe}^{2+}] = \frac{(5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}) \left(\frac{4.80 \text{ mL}}{1000} \right)}{\frac{20.0 \text{ mL}}{1000}} = 1.20 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

であることがわかる。また, ii)の結果より, $[\text{Fe}^{2+}] + [\text{Fe}^{3+}]$ は

$$[\text{Fe}^{2+}] + [\text{Fe}^{3+}] = \frac{(5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}) \left(\frac{11.24 \text{ mL}}{1000} \right)}{\frac{20.0 \text{ mL}}{1000}} = 2.81 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

である。したがって, $[\text{Fe}^{3+}]$ は

$$[\text{Fe}^{3+}] = 2.81 \times 10^{-2} - 1.20 \times 10^{-2} = 1.61 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

と求められる。

第 11 章

1.

(1) 溶解度積より, 飽和溶液での $[\text{Ca}^{2+}]$ は

$$[\text{Ca}^{2+}] = \sqrt[3]{\frac{4.0 \times 10^{-11}}{4}} = 2.2 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \quad (\text{CaF}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{F}^-)$$

である。したがって, 飽和溶液 1 L には CaF_2 が $2.2 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 含まれるので, CaF_2 の質量は $(2.2 \times 10^{-4} \text{ mol})(40.0 + 19.0 \times 2 \text{ g/mol}) = 0.017 \text{ g}$ である。

(2) 溶解度積より, CaF_2 が生成しはじめる $[\text{F}^-]$ は

$$[\text{F}^-] = \sqrt{\frac{4.0 \times 10^{-11}}{[\text{Ca}^{2+}]}} = \sqrt{\frac{4.0 \times 10^{-11}}{1.0 \times 10^{-4}}} = 6.3 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

である。

※(2)では, F^- を含む廃水を加えることによる体積変化は考慮していない。この場合, 廃水を加えることによって $[\text{Ca}^{2+}]$ がどれほど影響を受けるかは, 廃水の濃度による。

2.

滴定の結果より, 海水の $[\text{Cl}^-]$ は

$$[\text{Cl}^-] = \frac{(0.200 \text{ mol/L}) \left(\frac{26.80 \text{ mL}}{1000} \right)}{\frac{10.00 \text{ mL}}{1000}} = 0.536 \text{ mol/L}$$

であることがわかる。この濃度から質量濃度を求めると、 $(0.536 \text{ mol/L})(23.0 + 35.5 \text{ g/mol}) = 31.4 \text{ g/L}$ となる。また、質量パーセント濃度は海水 1 L およびそれに含まれる塩分の質量より

$$\frac{31.4 \text{ g}}{1020 \text{ g}} \times 100 = 3.08\%$$

と求められる。

3.

溶液と純粋溶媒の凝固点の差より、この溶液の質量モル濃度は

$$m = \frac{5.50 - 4.48 \text{ K}}{5.12 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}} = 0.199 \text{ mol/kg}$$

となる。この濃度と溶媒の質量から溶質の物質量を求めると $(0.199 \text{ mol/kg})(0.0500 \text{ kg}) = 9.95 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ($\approx 0.0100 \text{ mol}$) となるが、一方で CH_3COOH 1.20 g は 0.0200 mol であるため、溶液中に存在する溶質の物質量は CH_3COOH の物質量の $1/2$ であることがわかる。したがって、ベンゼン溶液中では、 CH_3COOH は 2 分子会合した状態で存在する。

※ CH_3COOH は、ベンゼンなどの有機溶媒中では COOH 基同士が水素結合し、2 分子の会合体となることが知られている。

※ 上記の計算では摂氏温度 (5.50°C , 4.48°C) の差を K の単位で表しているが、 $^\circ\text{C}$ と K で温度差は同じ大きさなので、このように表しても問題は生じない。

4.

(1) ファントホッフの法則より、この溶液のモル濃度は

$$C = \frac{4.90 \times 10^3 \text{ Pa}}{(8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}))(295 \text{ K})} = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

となる。したがって、PVC 7.0 g (溶液 1 L に含まれる PVC の質量) が $2.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$ なので、PVC の分子量は

$$\frac{7.0 \text{ g}}{2.00 \times 10^{-3} \text{ mol}} = 3500$$

と決定される。

(2) PVC の分子量を塩化ビニルの分子量で割ると、PVC 中の塩化ビニルの個数が求められる。

$$\frac{3500}{62.5} = 56$$

第 12 章

1.

(1) $E^\circ_{\text{Pb}} < E^\circ_{\text{Sn}}$ なので, $\text{Sn}^{4+}|\text{Sn}^{2+}$ が正極, $\text{Pb}^{2+}|\text{Pb}$ が負極である。(2) $(-)\text{Pb}|\text{Pb}^{2+}||\text{Sn}^{2+}, \text{Sn}^{4+}|\text{Pt}(+)$ (3) $E^\circ = (+0.15) - (-0.13) = 0.28 \text{ V}$ (4) ネルンストの式より, $\text{Sn}^{4+}|\text{Sn}^{2+}$ および $\text{Pb}^{2+}|\text{Pb}$ の酸化還元電位は

$$E_{\text{Pb}} = E^\circ_{\text{Pb}} + \frac{0.0592}{2} \log_{10} [\text{Pb}^{2+}] = (-0.13 \text{ V}) + \frac{0.0592}{2} \log_{10} 0.10 = -0.16 \text{ V}$$

$$E_{\text{Sn}} = E^\circ_{\text{Sn}} + \frac{0.0592}{2} \log_{10} \frac{[\text{Sn}^{4+}]}{[\text{Sn}^{2+}]} = (+0.15 \text{ V}) + \frac{0.0592}{2} \log_{10} \frac{0.0010}{0.10} = +0.09 \text{ V}$$

と求められる。したがって, 起電力は

$$E = E_{\text{Sn}} - E_{\text{Pb}} = (+0.09) - (-0.16) = 0.25 \text{ V}$$

となる。

2.

この電池の起電力は, ネルンストの式より

$$E = E^\circ + \frac{0.0592}{2} \log_{10} \frac{[\text{Pb}^{2+}]}{[\text{Zn}^{2+}]} = (0.63 \text{ V}) + \frac{0.0592}{2} \log_{10} \frac{[\text{Pb}^{2+}]}{1}$$

と表される ($E^\circ = 0.63 \text{ V} = -0.13 \text{ V} - (-0.76 \text{ V})$ は標準起電力)。測定された起電力は $E = 0.40 \text{ V}$ なので, $\text{Pb}^{2+}|\text{Pb}$ での $[\text{Pb}^{2+}]$ は

$$[\text{Pb}^{2+}] = 10^{\frac{2(0.40 - 0.63)}{0.0592}} = 1.7 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

である。この場合の $[\text{SO}_4^{2-}]$ は 1 mol/L なので, PbSO_4 の溶解度積は

$$K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = (1.7 \times 10^{-8})(1) = 1.7 \times 10^{-8}$$

と求められる。

3.

(1) CuSO_4 の電解槽では陰極上に Cu が生成し, 陽極では O_2 が生成する。 NaCl の電解槽では陰極で H_2 , 陽極で Cl_2 がそれぞれ生成する。

- CuSO_4 の電解槽: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ で陰極上に生じた Cu は 0.381 g ($6.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$) なので, $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ により陽極で発生する O_2 は $3.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$ である。したがって, 発生する O_2 の体積は, 理想気体の状態方程式より

$$\frac{(3.00 \times 10^{-3} \text{ mol})(8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}))(298 \text{ K})}{101.3 \times 10^3 \text{ Pa}} = 7.33 \times 10^{-2} \text{ L} = 73.3 \text{ mL}$$

となる。

- NaCl の電解槽：電源から供給される電子の物質量は、電流、通電時間およびファラデー定数より

$$\frac{(1.00 \text{ A})(2316 \text{ s})}{96500 \text{ C/mol}} = 24.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

である。このうち、CuSO₄ の電解槽には $12.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ の電子が供給されたので (Cu が $6.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 生じるには電子が $12.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 必要である), NaCl の電解槽に供給された電子の物質量は $24.0 \times 10^{-3} - 12.0 \times 10^{-3} = 12.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ である。電子 $12.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ によって生じる H₂ と Cl₂ はいずれも $6.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$ なので (陰極では $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$, 陽極では $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ が進行する), 体積も理想気体の状態方程式に基づきいずれも $0.147 \text{ L} = 147 \text{ mL}$ となる。したがって, H₂ と O₂ の総体積は 284 mL である。

- (2) 陰極では H₂ の発生に伴って OH⁻が生じるので、水溶液は塩基性になる。電子 $12.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ により生じる OH⁻は $12.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ なので, [OH⁻]は

$$[\text{OH}^-] = \frac{12.0 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.500 \text{ L}} = 0.0240 \text{ mol/L}$$

である。したがって、水溶液の pH は水のイオン積を用いて

$$\text{pH} = -\log_{10} \frac{1.00 \times 10^{-14}}{0.0240} = 12.4$$

となる。

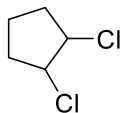
第 13 章

1.

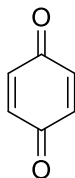
(1)



(2)

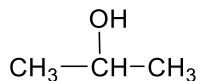
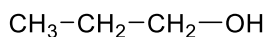


(3)

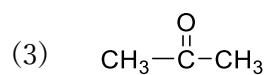


2.

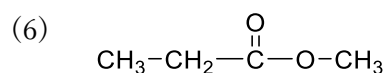
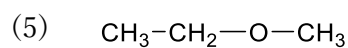
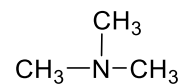
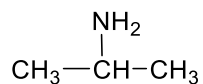
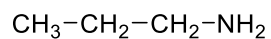
- (1) 次のうち 1 つを書く。



- (2) $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C--H}$

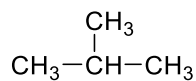
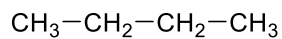


(4) 次のうち 1 つを書く。



3.

構造異性体は次の 2 つである。

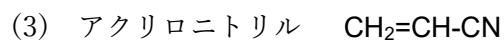
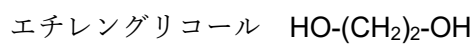


4.

13-2-3 を参照。

第 14 章

1.



2.

14-3-1 を参照。

3.

14-3-4 を参照。

第 15 章

1.

- (1) アミノ酸 (2) ヌクレオチド

2.

- (1) グルコース (2) グルコース (3) グルコースとフルクトース
(4) ガラクトースとグルコース (5) グルコース (6) *N*-アセチルグルコサミン

3.

15-2-2, 15-2-3 を参照。

4.

15-3 を参照。

5.

15-5 を参照。

第 16 章

1.

16-1 を参照。

2.

16-2-1, 16-2-2 を参照。

3.

16-3-2 を参照。