

「化学の世界への招待」 補充問題 (解答編)

2章 化学の方法

確認問題

8. A. a) 10^3 , 10^6 , b) 3×10^{-12} , 3×10^{-15} c) 5, 5×10^{-6} d) 3.2×10^{-18} , 7.6×10^{-19}
B. a) $10^{-3} \times 1.01 \times 10^5 = 101$, 101 b) 8.3, 1.98

練習問題

2. a) 10^{-3} b) 10^{-2} c) 10^3 d) 10^{-9} e) 10^6 f) 10^{-1}
3. a) 5桁 b) 6桁 c) 2桁 d) 2桁 e) 5桁 f) 4桁
4. a) 7.23×10^4 b) 4.201×10^6 c) 1.74×10^{-3} d) 1.093×10^{-8} e) 2.143×10^{-4}
f) 5.583×10^8 g) 6.50×10^{-5} h) 6.081×10^7
5. a) 8.5 b) 8.4 c) 6.6 d) 6.8 e) 6.6
6. a) 有効数字 5桁, b) 有効数字 6桁
7. 2.08mL は 3 つの有効数字と ± 0.01 mL の誤差を持ち、2.080mL は 4 つの有効数字と ± 0.001 mL の誤差を持つ)
8. a) 7.33×10^4 b) 4.205×10^6 c) 4.74×10^{-3} d) 3.093×10^{-8}
9. 7.2cal
10. 565J
11. a) 有効数字 2桁 b) 有効数字 4桁
12. a) 2.243×10^{-4} b) 5.683×10^8 c) 6.40×10^{-5} d) 6.089×10^7
13. a) 7.23×10^4 b) 4.201×10^6 c) 1.74×10^{-3} d) 1.093×10^{-8} e) 2.143×10^{-4}
f) 5.583×10^8 g) 6.50×10^{-5} h) 6.081×10^7
14. a) 4.8 m^3 b) 209.82 g
15. 4.8 m^3
22. a) 3.28×10^4 b) 1.034×10^6 c) 4.8200×10^{-3} d) 3.902×10^{-9}
23. a) 4.312×10^{-4} b) 4.755×10^8 c) 5.60×10^{-5} d) 1.806×10^7

3章 元素とその周期性

確認問題

1. c)
2. b)
3. c)
4. c)

5. c)
6. a)
7. c)

4章 原子の構造

確認問題

1. c)
2. a)
3. b)
4. c)
5. c)
6. 長岡半太郎
7. 原子核の存在とその小ささ
8. c)
9. c)
10. b)

練習問題

1. a) 陽子 8、電子 8 b) 陽子 12、電子 12 c) 陽子 14、電子 14
2. a) 陽子 26、中性子 30、電子 24、 b) 陽子 13、中性子 14、電子 10
c) 陽子 34、中性子 45、電子 36
3. a) ${}^{45}_{21}\text{Sc}^{3+}$, b) ${}^{127}_{53}\text{I}^{-}$, c) ${}^{141}_{56}\text{Ba}^{2+}$
4. A. 4.3×10^{14} , 1.4×10^6 , 2.3×10^{-15}
B. 2.9×10^{-19} , 1.7×10^2
5. $E = 1.6 \times 10^{-17}$ (J) , $\nu = 5.9 \times 10^5$ (m/s) $\lambda = 120$ (pm)
6. 121pm
7. 53pm

5章 量子力学と電子配置

確認問題

1. a) 波動方程式 1926年 b) 物質波 1924年 c) 不確定性原理 1927年
2. c)

練習問題

3. a) $[\text{He}]2s^22px^12py^12pz^1$ 常磁性 b) $[\text{He}]2s^22px^22py^22pz^1$ 常磁性

c) $[\text{Ar}]3d_{xy}^2 3d_{yz}^2 3d_{zx}^2 3d_{x^2-y^2}^2 3d_{z^2}^2$ 反磁性

4. 95, 160, 65, 110, 181

6章 周期表の理解

練習問題

1. 419, 631, 745, 947, 1140

2. 73, 69, 141, 328, ≈ 0

3. 1.0, 2.5, 3.5, 4.0, 0.8, 2.8

7章 元素の分類と各論

8章 化学結合

練習問題

6. 1 ~ 2、500 ~ 1000、140 ~ 500、3 ~ 4、40、30、10

9章 分子の形

説明問題

2. B原子を中心にHと2個のFを頂点にした二等辺三角形。Fは孤立電子対を持つので、F-B-Fの結合角は 120° よりも大きく、2角F-B-Hの結合角は 120° よりも小さくなると推定される。)

10章 モルの概念

練習問題

4. (1)3.76、(2)3.570、(3)0.956、(4)2.694

5. (1)28.2g、(2)162g、(3)285g、(4)190g

6. (1) 9.0×10^{23} 、(2) 6.98×10^{22} 、(3) 7.95×10^{23} 、(4) 5.5×10^{23}

7. (1)0.0444、(2)0.540、(3)1.54、(4)13.6

8. (1)3.73、(2)0.705、(3)2.46、(4)1.54

11章 化学反応式

練習問題

1. 12モル

2. 125mL

3. 4.5×10^{24}

4. 86.2%

5. 31.0g

12章 物質の三態

練習問題

1. 282atm, 254atm

13章 気体

練習問題

2. 3.10×10^{-3} L/K

3. 619L

4. 23.0L

5. 6.79×10^4 L

6. a) 2.5×10^{19} , b) 474 m/s c) 4.7×10^5 d) 10^{-5} cm e) $6.5 \times 10^{34}/\text{sm}^3$ f) 250 g) 0.4nm,
h) $4.1 \times 10^{39}/\text{s}$

14章 液体

練習問題

1. 1.02M

2. 0.799g

3. 0.0455mol/kg

4. 0.0064mol/kg

5. 0.005539

6. 1600g

15章 固体

16章 化学平衡

確認問題

4.
$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

5. (g) : 気体, (l) : 液体, (s) : 固体

練習問題

1. a)
$$K_c = \frac{[\text{CO}]^2[\text{O}_2]}{[\text{CO}_2]^2}$$

b)
$$K_c = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}$$

c)
$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]}$$

2. a) $K_c = [\text{CO}][\text{H}_2]/[\text{H}_2\text{O}]$

b) $K_c = [\text{H}_2]^2[\text{O}_2]$

c) $K_c = [\text{CO}_2]$

3. a) 右

b) 右

c) 平衡は移動しない

4. a) 右

b) 左

c) 右

17章 溶解と沈殿

確認問題

1. a) $K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2[\text{SO}_4^{2-}]$

b) $K_{sp} = [\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]^3$

c) $K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}]^3[\text{PO}_4^{3-}]^2$

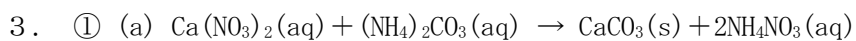
2. 易溶性の塩 : a) NaCl, c) $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, f) KNO_3

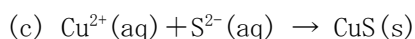
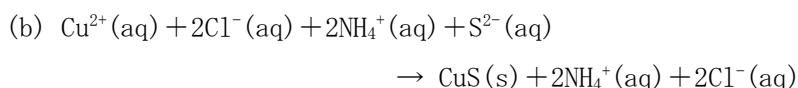
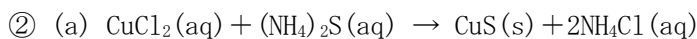
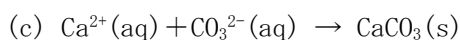
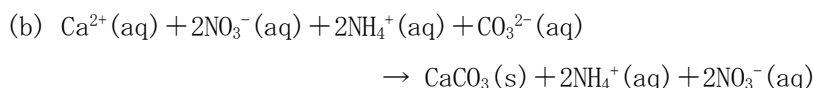
難溶性の塩 : b) AgCl, d) BaSO_4 , e) CaCO_3

練習問題

1. $1.2 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}^3$

2. $1.4 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$





4. 添加前 : 1.6×10^{-2} mol/L, 添加後 1.6×10^{-3} mol/L

調査考察課題 (追加)

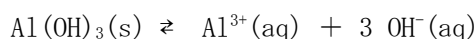
1. ① $\text{Al}(\text{OH})_3$ の溶解度をモル濃度に換算する.

$$\text{Al}(\text{OH})_3 \text{ の式量} = 27.0 + (16.0 + 1.0) \times 3 = 78.0$$

$$\therefore \text{溶けている } \text{Al}(\text{OH})_3 \text{ のモル濃度} = S/78.0 \text{ mol/L}$$

この値を a mol/L とする.

② $\text{Al}(\text{OH})_3$ の溶解平衡の反応式をつくる.



③ ②より $\text{Al}(\text{OH})_3$ の溶解度積を表す式をつくり, これに①で求めたモル濃度を代入する.

$$K_{\text{sp}} = [\text{Al}^{3+}][\text{OH}^{-}]^3 \\ = a \times (3a)^3 \\ = 27a^4 \text{ (mol/L)}^4$$

18章 酸・塩基

確認問題

1. 酸に当てはまるもの・・・(2)、(3)、(5)

塩基に当てはまるもの・・・(1)、(4)、(6)

2. 酸の定義・・・水中で電離して水素イオン H^{+} を生じる物質。

塩基の定義・・・水中で電離して水酸化物イオン OH^{-} を生じる物質。

3. 酸の定義・・・水素イオン(プロトン) H^{+} を放出する物質。

塩基の定義・・・水素イオン(プロトン) H^{+} を受け取る物質。

4. 水の電離を表す反応式は、 $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^{+} + \text{OH}^{-}$ であるから、
平衡定数 K は次のように表すことができる。

$$K = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] / [\text{H}_2\text{O}]^2$$

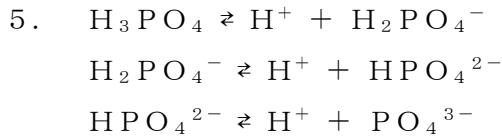
5. $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$
6. 一つの物質やイオンが、二つの物質やイオンに分離する割合のことを解離度という。
一般に解離度は文字 α で表され、次の式で定義される。
解離度 $\alpha = (\text{解離している物質またはイオンの物質量}) / (\text{全物質またはイオンの物質量})$
7. 酸または塩基の物質量が等しいとき、解離度が大きい酸や塩基は解離度が小さい酸や塩基より多くの水素イオンや水酸化物イオンを放出する。つまり、解離度が大きいほど酸や塩基の性質が強いことになる。
8. 塩
9. (3)
10. 弱酸とその共役塩基の混合溶液、または、弱塩基とその共役酸の混合溶液は、少量の酸や塩基を加えても pH がほとんど変化しない。このような溶液を緩衝溶液という。
11. (1) : (イ) 、 (2) : (ア) 、 (3) : (ウ) 、 (4) : (エ)
12. (1) 弱酸である酢酸と強塩基である水酸化ナトリウムとの塩だから弱塩基性。
(2) 強酸である塩化水素と弱塩基であるアンモニアとの塩だから弱酸性。
(3) 強酸である硝酸と強塩基である水酸化カルシウムとの塩だから加水分解しない。
(4) 弱酸である炭酸と強塩基である水酸化ナトリウムとの塩だから弱塩基性。
(5) 強酸である硫酸と弱塩基である水酸化銅(II)との塩だから弱酸性。

説明問題

1. 塩酸 : $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
酢酸 : $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$
硫酸 : $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
水酸化ナトリウム : $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$
水酸化カルシウム : $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$
2. 酸が H^+ として放出できる水素原子の個数、また、塩基が放出できる OH^- の個数を、それぞれ、酸・塩基の価数という。例えば、塩酸 HCl や硫酸 H_2SO_4 の価数はそれぞれ 1 価、2 価だが、酢酸 CH_3COOH は H^+ として放出できる水素原子は 1 個だけなので 1 価となる。
3. $\text{HA} + \text{B} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{BH}^+$
この可逆反応について考えるとき、正反応に関して HA は酸であり、 B は塩基であり、逆反応に関して A^- は塩基であり、 BH^+ は酸である。また、 HA と A^- 、あるいは B と BH^+ の関係を見ると、水素イオン H^+ を放出する酸と受け取る塩基のペアを作っている。

ることが分かる。このように、酸(HA)が水素イオン H^+ を放出して生じる塩基(A^-)を、HAの共役塩基であるという。また、塩基(B)が水素イオン H^+ を受け取って生じる酸 BH^+ を、Bの共役酸であるという。

4. 水中で電離する水分子の割合はごくわずかであるから、水中の水の濃度 $[H_2O]$ はほぼ一定と考えてよい。つまり、 $[H_2O]^2$ も一定値と考えられるから、問題8の式の両辺に $[H_2O]^2$ をかけて、左辺 $K[H_2O]^2$ を新たな平衡定数 K_w としてよいことになる。



6. 酸の電離平衡を表す反応式は次のとおりである。



この反応の平衡定数 K は以下のように表せる。

$$K = [A^-][H_3O^+] / [HA][H_2O]$$

ここで、 $[H_2O]$ は一定と見なせるから、両辺に $[H_2O]$ をかけて、

$$K[H_2O] = [A^-][H_3O^+] / [HA] = K_a \text{ と書くことができる。}$$

7. 塩基の電離平衡を表す反応式は次のとおりである。



この反応の平衡定数 K は以下のように表せる。

$$K = [BH^+][OH^-] / [B][H_2O]$$

ここで、 $[H_2O]$ は一定と見なせるから、両辺に $[H_2O]$ をかけて、

$$K[H_2O] = [BH^+][OH^-] / [B] = K_B \text{ と書くことができる。}$$

8. 水のイオン積 $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ L}^{-2}$ であり、問題8の反応式より $[H_3O^+] = [OH^-]$ であるから、

$$[H_3O^+] = [OH^-] = \sqrt{1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ L}^{-2}} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1} \text{ になる。}$$

9. 酸性の水溶液とは、水溶液中に $[H_3O^+]$ が $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ より多く含まれる水溶液である。このとき、水のイオン積 K_w の値は一定だから、

$$[OH^-] \text{ は } 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1} \text{ より小さくなることになる。}$$

10. 酸性水溶液中では、 $[H_3O^+] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ であるから、pHは7より小さくなる。

11. 水のイオン積 $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ L}^{-2}$ であり、

$$[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ であるから、}$$

$$[OH^-] = 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol L}^{-1} \text{ になる。}$$

$$\text{また、 } \text{pH} = -\log[H_3O^+] = 3 \text{ になる。}$$

12. 水のイオン積 $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ L}^{-2}$ であり、

$[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-4} \text{mol L}^{-1}$ であるから、

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-10} \text{mol L}^{-1}$ になる。

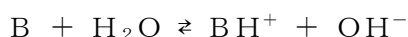
また、 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 10$ になる。

13. $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 9$ より、 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-9} \text{mol L}^{-1}$ になる。

また、水のイオン積 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{mol}^2 \text{L}^{-2}$ より、

$[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-5} \text{mol L}^{-1}$ になる。

14. $\text{BH}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{B} + \text{H}_3\text{O}^+$



ここで、 $[\text{H}_2\text{O}]$ は一定と見なせるから、

$$K_a = [\text{B}][\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{BH}^+]$$

$$K_b = [\text{BH}^+][\text{OH}^-] / [\text{B}]$$

と表せる。

$$\therefore K_a \times K_b = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = K_w$$

15. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ (1)



(1)式は、アンモニアの水中での電離を表し、その平衡は左に偏っている。また、(2)式のように塩化アンモニウムは完全に電離している。したがって、この混合水溶液中に多く存在する物質やイオンは、水以外には $\text{NH}_3 \cdot \text{NH}_4^+ \cdot \text{Cl}^-$ の3種である。

この混合水溶液に酸を加えると、 $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$ のように反応し、加えた酸の大部分がアンモニアとの反応に使われ、 H_3O^+ の濃度はほとんど増加しない。

一方、この混合水溶液に塩基を加えると、(1)式の平衡が破れ左に移動し、加えた塩基の大部分が NH_4^+ と反応し、 OH^- の濃度はほとんど増加しない。

このような仕組みを持つため、この混合水溶液は緩衝作用を持つ。

練習問題

1. 純水中では、 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ であるから、

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{1.5 \times 10^{-14} \text{mol}^2 \text{L}^{-2}} \doteq 1.2 \times 10^{-7} \text{mol L}^{-1} \text{になる。}$$

2. $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ より、

$$\begin{aligned} &= -1/2 (\log(1.5 \times 10^{-14})) = -1/2 (\log 3 - \log 2 - 14) \\ &= 6.91 \end{aligned}$$

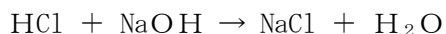
3. 水のイオン積 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{mol}^2 \text{L}^{-2}$ であり、

$[\text{OH}^-] = 2.0 \times 10^{-4} \text{mol L}^{-1}$ であるから、

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 5.0 \times 10^{-11} \text{mol L}^{-1}$ になる。

$$\begin{aligned} \text{また、 } \text{pH} &= -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(5.0 \times 10^{-11}) = -\log(10^{-10} \div 2.0) \\ &= -(-10-0.30) = 10.30 \end{aligned}$$

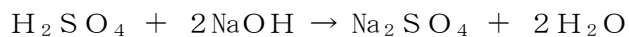
4. (1) 中和点での pH がほぼ 7 であるから、(ア) でも (イ) でもよい。
(2) 中和点での pH が 7 より大きいから、変色域が塩基性側にある(イ)。
(3) 中和点での pH が 7 より小さいから、変色域が酸性側にある(ア)。
5. 塩化水素と水酸化ナトリウムの中和を表す反応式は、次のとおりである。



したがって、塩化水素 1.0mol とちょうど中和する水酸化ナトリウムの物質質量も 1.0mol であるから、その質量は、 $40(\text{g mol}^{-1}) \times 1.0(\text{mol}) = 40(\text{g})$

また、生じる塩の名称は塩化ナトリウム。

硫酸と水酸化ナトリウムの中和を表す反応式は、次のとおりである。



したがって、硫酸 1.0mol とちょうど中和する水酸化ナトリウムの物質質量は 2.0mol であるから、その質量は、 $40(\text{g mol}^{-1}) \times 2.0(\text{mol}) = 80(\text{g})$

また、生じる塩の名称は硫酸ナトリウム。

(別解)

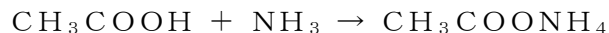
塩化水素は 1 価、硫酸は 2 価、水酸化ナトリウムは 1 価である。

また、ちょうど中和するときには、

$$(\text{酸の物質質量}) \times (\text{酸の価数}) = (\text{塩基の物質質量}) \times (\text{塩基の価数})$$

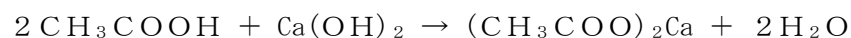
の関係が成り立つから、塩化水素 1.0mol とちょうど中和する水酸化ナトリウムの物質質量は 1.0mol であり、その質量は、 $40(\text{g mol}^{-1}) \times 1.0(\text{mol}) = 40(\text{g})$ 。生じる塩の名称は塩化ナトリウム。また、硫酸 2.0mol とちょうど中和する水酸化ナトリウムの物質質量は 2.0mol であり、その質量は、 $40(\text{g mol}^{-1}) \times 2.0(\text{mol}) = 80(\text{g})$ 。生じる塩の名称は硫酸ナトリウム。

6. 酢酸とアンモニアの中和を表す反応式は、次のとおりである。



したがって、ちょうど中和するときには、アンモニアの物質質量と酢酸の物質質量は等しい。アンモニアの物質質量は、 $0.010(\text{mol L}^{-1}) \times 200(\text{mL}) = 2.0 \times 10^{-3}(\text{mol})$ 。これと等しい物質質量の酢酸の質量は、 $60(\text{g mol}^{-1}) \times 2.0 \times 10^{-3}(\text{mol}) = 0.12(\text{g})$ 。生成した塩は酢酸アンモニウム。

また、酢酸と水酸化カルシウムの中和を表す反応式は、次のとおりである。



したがって、ちょうど中和するときには、酢酸の物質質量は水酸化カルシウムの物質質量の 2 倍になる。

水酸化カルシウムの物質量は、 $0.010(\text{mol L}^{-1}) \times 200(\text{mL}) = 2.0 \times 10^{-3}(\text{mol})$ 。
 この2倍の物質量の酢酸の質量は、 $60(\text{g mol}^{-1}) \times 2.0 \times 10^{-3}(\text{mol}) \times 2 = 0.24(\text{g})$ 。
 生成した塩は酢酸カルシウム。

(別解)

酢酸は1価、アンモニアは1価、水酸化カルシウムは2価である。

また、ちょうど中和するときには、

$$(\text{酸の物質質量}) \times (\text{酸の価数}) = (\text{塩基の物質質量}) \times (\text{塩基の価数})$$

の関係が成り立つから、アンモニアとちょうど中和する酢酸の物質量を $n \text{ mol}$ とすると、

$$0.010(\text{mol L}^{-1}) \times 200(\text{mL}) \times 1(\text{価}) = n(\text{mol}) \times 1(\text{価})$$

これを解いて、 $n = 2.0 \times 10^{-3}$ 。

その質量は、 $60(\text{g mol}^{-1}) \times 2.0 \times 10^{-3}(\text{mol}) = 0.12(\text{g})$ 。

また、水酸化カルシウムとちょうど中和する酢酸の物質量を $m \text{ mol}$ とすると、

$$0.010(\text{mol L}^{-1}) \times 200(\text{mL}) \times 2(\text{価}) = m(\text{mol}) \times 1(\text{価})$$

これを解いて、 $n = 4.0 \times 10^{-3}$ 。

その質量は、 $60(\text{g mol}^{-1}) \times 4.0 \times 10^{-3}(\text{mol}) = 0.24(\text{g})$ 。

7. 水酸化ナトリウム水溶液の濃度を $c \text{ mol L}^{-1}$ とすると、中和の公式より次の式が成り立つ。

$$0.100(\text{mol L}^{-1}) \times 10.0(\text{mL}) \times 2(\text{価}) = c(\text{mol L}^{-1}) \times 8.00(\text{mL}) \times 1(\text{価})$$

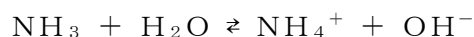
これを解いて、 $c = 0.250$ 。したがって、求める濃度は 0.250 mol L^{-1} 。

また、弱酸と強塩基の中和だから、指示薬はフェノールフタレインを用いる。

フェノールフタレインは、酸性・中性では無色だが、塩基性では赤色を呈する。したがって、中和点前後では、無色から薄い赤色に変化する。生成した塩はシュウ酸ナトリウムである。

調査考察課題 (追加)

1. アンモニアの電離度を α とすると、弱塩基なので、 $\alpha \ll 1$ である。ここで、電離前後の物質量を考える。



電離前[mol] 0.010 - 0 0

電離後[mol] $0.010(1-\alpha)$ - 0.010α 0.010α



電離後[mol] 0 0.020 0.020

したがって、 NH_3 、 NH_4^+ 、 OH^- の物質量はそれぞれ、 $0.010(1-\alpha)$ [mol]、 $(0.020 + 0.010\alpha)$ [mol]、 0.010α [mol]となる。

ここで、 $\alpha \ll 1$ より、

$0.020 + 0.010\alpha \doteq 0.020$ 、 $0.010(1-\alpha) \doteq 0.010$ と近似できることを考えると、

$K_b = [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-] / [\text{NH}_3]$ より、

$$\begin{aligned} & ((0.020 + 0.010\alpha) [\text{mol}] / 100 [\text{mL}]) \times (0.010\alpha [\text{mol}] / 100 [\text{mL}]) \\ = & \frac{((0.010(1-\alpha)) [\text{mol}] / 100 [\text{mL}])}{(0.020 [\text{mol}] / 0.100 [\text{L}]) \times (0.010\alpha [\text{mol}] / 0.100 [\text{L}])} \\ \doteq & \frac{(0.010 [\text{mol}] / 0.100 [\text{L}])}{0.20 [\text{mol L}^{-1}] \times 0.10\alpha [\text{mol L}^{-1}] / 0.10 [\text{mol L}^{-1}]} \end{aligned}$$

$$= 0.20\alpha [\text{mol L}^{-1}] = 2.0 \times 10^{-5} [\text{mol L}^{-1}]$$

$$= 0.20\alpha [\text{mol L}^{-1}] = 2.0 \times 10^{-5} [\text{mol L}^{-1}]$$

これを解いて、 $\alpha = 1.0 \times 10^{-4}$

$$\therefore [\text{OH}^-] = 0.10\alpha [\text{mol L}^{-1}] = 1.0 \times 10^{-5} [\text{mol L}^{-1}]$$

したがって、 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-9} [\text{mol L}^{-1}]$

$$\therefore \text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(1.0 \times 10^{-9}) = 9.0$$

19章 酸化還元反応と電気化学

練習問題

1. $w=228.6\text{kJ}$, 熱 $q=-13.3\text{kJ}$, 94.5%

20章 反応の速度

練習問題

1. $k=2.5 \times 10^{-4} \text{L/s}$
 2. 0.074
 3. $k=3.1 (1/\text{min} \cdot \text{M})$ $t_{1/2}=16\text{min}$

21章 化学反応と熱

練習問題

1. -2.8kJ
 2. 58 kJ

3 -134kJ 発熱反応

22章 化学熱力学

練習問題

1. 1.3kJ

2. $-198.5\text{J/K}\cdot\text{mol}$, 311 J/K

3. -818kJ

4. 5.18kJ 吸熱反応である。 $164.9\text{J/K}\cdot\text{mol}$ エントロピーは増加。 2.66kJ 否、左に進む。