

## 『大学で学ぶ化学』追加演習問題 解答

## 【第1章】

## 問1

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1 L = ( 1000 ) mL         | 1 $\mu$ L = ( 0.001 ) mL  |
| 1 mL = ( 1000 ) $\mu$ L   | 1 g = ( 1000 ) mg         |
| 1 $\mu$ g = ( 1000 ) ng   | 1 $\mu$ g = ( 0.001 ) mg  |
| 0.01 g = ( 10 ) mg        | 10 $\mu$ g = ( 0.01 ) mg  |
| 20 ng = ( 0.02 ) $\mu$ g  | 250 mg = ( 0.25 ) g       |
| 0.05 mg = ( 50 ) $\mu$ g  | 150 $\mu$ L = ( 0.15 ) mL |
| 1.5 mL = ( 1500 ) $\mu$ L | 0.80 mL = ( 800 ) $\mu$ L |

## 問2

- 1)  $2^4 \times 2^3 = 2^{4+3} = 2^7$ , 2)  $3^2 \times 3^{-9} = 3^{2-9} = 3^{-7}$ , 3)  $5^5 \div 5^6 = 5^{5-6} = 5^{-1} = \frac{1}{5}$ , 4)  $3^3 \div 3^{-2} = 3^{3-(-2)} = 3^5$ ,  
 5)  $2^2 \times 4^3 = 2^2 \times (2^2)^3 = 2^2 \times 2^6 = 2^8 = 4^4$ , 6)  $9^2 \div 3^4 = (3^2)^2 \div 3^4 = 3^4 \div 3^4 = 1$ , 7)  $6^2 \times 2^2 = (2 \times 3)^2 \times 2^2 = 2^4 \times 3^2$   
 8)  $12^5 \div 3^3 = (3 \times 4)^5 \div 3^3 = 3^{5-3} \times 4^5 = 3^2 \times 4^5$ , 9)  $2^{23} \times 2^{-19} = 2^{23-19} = 2^4$ ,  
 10)  $(1.5 \times 10^{14}) \times (5 \times 10^{-9}) = (1.5 \times 5) \times 10^{14-9} = 7.5 \times 10^5$ ,  
 11)  $(2 \times 10^{23}) \div (3 \times 10^{11}) = \frac{2}{3} \times 10^{23-11} = \frac{2}{3} \times 10^{12}$

## 問3

基本的な式変形のみでとどめ、最終的な答えまで示していないものもあります。答えは、式変形の結果に問題文にある数値を代入してください。

- 1)  $\log 6 = \log(2 \times 3) = \log 2 + \log 3$ , 2)  $\log 0.01 = \log 10^{-2} = -2$ ,  
 3)  $\log 5 = \log \frac{10}{2} = \log 10 - \log 2 = 1 - \log 2$ ,  
 4)  $\log 14 = \log(2 \times 7) = \log 2 + \log 7$ , 5)  $\log \frac{2}{3} = \log 2 - \log 3$ , 6)  $\log 4 = \log 2^2 = 2 \log 2$ ,  
 7)  $\log 800 = \log(8 \times 100) = \log 8 + \log 100 = \log 2^3 + \log 10^2 = 3 \log 2 + 2$   
 8)  $\log(6 \times 10^{23}) = \log 6 + \log 10^{23} = \log(2 \times 3) + 23 = \log 2 + \log 3 + 23$ ,  
 9)  $\log(1.5 \times 10^{-19}) = \log 1.5 + \log 10^{-19} = \log \frac{3}{2} - 19 = \log 3 - \log 2 - 19$

## 問4

テキスト p.5~6 を参考にして調べてください。地学は鉱物や岩石との関わりが強いです。

**【第2章】****問5**

テキスト p.8 を参考にしてください.

**問6**

テキスト p.8~9 を参考にしてください.

**問7**

テキスト p.10 を参考にしてください.

**問8**

テキスト p.12~14 を参考にしてください.

**問9**

テキスト p.14 を参考にしてください.

**問10**

テキスト p.17 の表を参考にしてください. ただし, イオンの場合は電子数に注意してください.

**問11**

テキスト p.19 を参考にしてください.

**問12**

計算式を示すので, 各自で計算してください.

$$S : 32 \times 0.9502 + 33 \times 0.0075 + 34 \times 0.0421 + 36 \times 0.0002$$

$$Cl : 35 \times 0.7577 + 37 \times 0.2423$$

**【第3章】****問13**

イオン化エネルギーは最外殻電子を原子から引き離すのに必要なエネルギーである. 同一周期では原子番号が大きくなるほど原子半径が小さくなり, さらに, 原子核の電荷も大きくなるので, 最外殻電子に作用するクーロン力も大きくなる. このため, イオン化エネルギーが大きくなる.

**問14**

テキスト p.17 の表を参考にするとよい. 完全に満たされていないd軌道があること

が最大の理由.

### 問 15

「エネルギーの大きな光ほど波長が短い」ことを参考にしてください.

### 問 16

(参考) レアメタルの多くは f 軌道が完全に満たされていないことに注意して考えてください. f 軌道の電子は小さなエネルギーで励起できます.

## 【第 4 章】

### 問 17

分子は 2 個以上の原子が化学結合によりつながってできています. また, 分子はその大きさや形を知ることができます. これに対し, NaCl はこのような化学式で書きますが, 実際にはテキスト p.36 の図 4-8 のように無限の広がりをもつことも可能で, はっきり区別できる NaCl というものは存在しません. つまり, 分子は化合物の一部ですが, 化合物には分子をつくらないものもあります.

### 問 18

高校の教科書や参考書に詳しくありますので, もう一度見直してください.

### 問 19

- 1)  $40 + 35 \times 2 = 110$     2)  $23 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 142$     3)  $12 + 1 \times 4 = 16$   
 4)  $39 + 55 + 16 \times 4 = 158$     5)  $39 \times 2 + 52 \times 2 + 16 \times 7 = 294$   
 6)  $12 \times 6 + 1 \times 5 + 14 + 1 \times 2 = 93$

### 問 20

- 1) モル数     $15 \div 100 = 0.15$  (mol)  
       分子数     $0.15 \times 6.02 \times 10^{23} = 9.03 \times 10^{22}$  (個)  
 2)  $10 \text{mmol} = 0.01 \text{mol}$   
        $0.01 \times 100 = 1$  (g)

### 問 21

- 1)  $3.01 \times 10^{22} \div 6.02 \times 10^{23} = 0.05$  (mol)  
 2) 10g が 0.05mol なので,  $10 \div 0.05 = 200$

### 問 22

テキスト p.34~39 を参考にしてください.

**問 23**

テキスト p.40 の図 4-15 にあるように、水では 2 本の O-H 結合と 2 個の非共有電子対が等価に扱われます。ちょうどメタンの 4 本の結合と同じ関係にあるので、p.40 の図 4-14(a) と同じように混成軌道がつくられ、問題のような形を水がとります。

**問 24**

テキスト p.34 を参考にしてください。

**【第 5 章】****問 25**

- 1)  $(2)\text{C}_2\text{H}_6 + (7)\text{O}_2 \longrightarrow (4)\text{CO}_2 + (6)\text{H}_2\text{O}$
- 2)  $(2)\text{Al} + (3)\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow (1)\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + (3)\text{H}_2$
- 3)  $(3)\text{Cu} + (8)\text{HNO}_3 \longrightarrow (3)\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + (4)\text{H}_2\text{O} + (2)\text{NO}$
- 4)  $(1)\text{Fe}_2\text{O}_3 + (3)\text{C} \longrightarrow (2)\text{Fe} + (3)\text{CO}$
- 5)  $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow (1)\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + (\text{SO}_2)$

**問 26**

1.  $\text{Ag}^+$  の存在を示す
2.  $\text{Cd}^{2+}$  の存在を示す
3.  $\text{Fe}^{2+}$  もしくは  $\text{Fe}^{3+}$  の存在を示す
- 4・5.  $\text{Ca}^{2+}$  の存在を示す
6.  $\text{Na}^+$  の存在を示す

**問 27**

(1)×2+(2)×2 により求めることができます。

$$(242+44) \times 2 = 572\text{kJ}$$

**問 28**

結合エネルギーを用いる場合は、左辺と右辺の化合物を完全に原子状態にするために必要なエネルギーの差を求めれば、その差が反応熱となります。差は(右辺-左辺)を計算します。

$$Q = 432 \times 2 - (436 + 243) = 185\text{kJ} \quad \text{発熱反応}$$

## 【第6章】

## 問 29

ボイルの法則を用いると

$$1 \times 10^5 \times 2 = P \times 0.5$$

$$P = 4 \times 10^5 \text{Pa}$$

## 問 30

シャルルの法則を用いると

$$\frac{2}{273+27} = \frac{V}{273+67}$$

$$V \approx 2.27L$$

## 問 31

理想気体の状態方程式を利用して、

$$1.6 \times 10^5 (\text{Pa}) \times 1 \times 10^{-3} (\text{m}^3) = n \times 8.314 \times (273+127)$$

$$n = 0.048 (\text{mol})$$

$$2.5 \div 0.048 = 52 \quad \dots\dots \text{分子量}$$

## 問 32

テキスト p.57 を参考にまとめてください。

## 問 33

理想気体の状態方程式より体積はモル数に比例するからモル分率は

$$\text{窒素} : \frac{4}{4+1} = 0.8$$

$$\text{酸素} : \frac{1}{4+1} = 0.2$$

分圧は

$$\text{窒素} : 1.0 \times 10^5 \times 0.8 = 8.0 \times 10^4 \text{Pa}$$

$$\text{酸素} : 1.0 \times 10^5 - 8.0 \times 10^4 = 2.0 \times 10^4 \text{Pa}$$

## 問 34

テキスト p58～59 を参考にまとめてください。

## 問 35

p.59 の図 6-3 において圧縮律因子が 1 に近くなる条件。つまり、低圧で理想気体に近くなります。

## 【第8章】

## 問 36

$$50 \times 0.1 = 5.0(\text{g})$$

NaCl の式量は 58.5

$$5 \div 58.5 = 0.0855(\text{mol}) = 85.5(\text{mmol})$$

## 問 37

$$1) \quad 15 \div 100 = 0.15(\text{mol})$$

$$2) \quad 2.0 \div 100 = 0.02(\text{mol})$$

が 100mL に溶解していることになる。同じ割合で 1 L 中のモル数を求めると、

$$0.02 \times \frac{1000}{100} = 0.2 (\text{mol/L})$$

3) 5 倍に希釈されたことになるので、

$$0.2 \div 5 = 0.04(\text{mol/L})$$

## 問 38

10%塩化ナトリウム溶液 100g には、10g の塩化ナトリウムと 90g の水が含まれています。

20°C の水 90g に溶解できる塩化ナトリウムは  $36 \times \frac{90}{100} = 32.4(\text{g})$  となります。よって、 $32.4$

$- 10 = 22.4(\text{g})$  がまだ溶解できます。

## 問 39

濃硫酸 1 L の質量は  $1000 \times 1.15 = 1150(\text{g})$

濃硫酸 1 L 中の  $\text{H}_2\text{SO}_4$  の質量は  $1150 \times 0.209 = 240.35(\text{g})$

$\text{H}_2\text{SO}_4$  の分子量は 98 なので

$$240.35 \div 98 = 2.45(\text{mol/L})$$

$\text{H}_2\text{SO}_4$  は 2 価の酸であるので規程度は

$$2.45 \times 2 = 4.9(\text{N})$$

## 問 40

テキスト p.78 を参考に考えてください。キーワードは蒸気圧降下です。

## 問 41

重量モル濃度は溶媒 1kg あたりに溶解しているモル数であるので、この物質の分子量を  $M$  とすると、ベンゼンのモル凝固点降下 5.12 を用いて、

$$\frac{10}{M} \times \frac{1000}{50} \times 5.12 = 0.26$$

$$M = 3938.5$$

## 問 42

$$\frac{10}{20000} \times \frac{1000}{100} \times 6.94 = 0.0347$$

## 問 43

テキスト p.78 と他の参考書（たとえば物理化学の教科書）などを参考にしてまとめてください。

## 【第 9 章】

## 問 44

テキスト p.85～86 を参考にしてください。

## 問 45

各自で必ず式変形を行ってください。

## 問 46

次のサイトを参考にして考えてください。

<http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/oka/2008/08ko-020.html>

加えた水も電離することを忘れずに。

## 問 47

1) 電離度 1 なので

$$[\text{H}^+] = 10 \times 10^{-3} = 1 \times 10^{-2}$$

$$\text{pH} = -\log(1 \times 10^{-2}) = 2$$

2) 硫酸は 2 価の酸で電離度 1 なので,

$$[\text{H}^+] = 2 \times 10 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-2}$$

$$\text{pH} = -\log(2 \times 10^{-2}) = 2 - \log 2$$

3) 電離度 0.1 なので

$$[\text{H}^+] = 0.1 \times 10 \times 10^{-3} = 1 \times 10^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log(1 \times 10^{-3}) = 3$$

4) 電離度 1 なので,

$$[\text{OH}^-] = 10 \times 10^{-3} = 1 \times 10^{-2}$$

水のイオン積から

$$[\text{H}^+] = (1 \times 10^{-14}) \div (1 \times 10^{-2}) = 1 \times 10^{-12}$$

$$\text{pH} = -\log(1 \times 10^{-12}) = 12$$

5) 3)より 10mmol/L の酢酸の pH は 3,

1 mmol/L の硫酸は硫酸が 2 価の酸で電離度 1 なので

$$[\text{H}^+] = 2 \times 1 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log(2 \times 10^{-3}) = 3 - \log 2$$

となり, 1 mmol/L の硫酸の方が pH は低くなります.

#### 問 48

塩酸から水素イオンが生じ, 水酸化ナトリウムから水酸化物イオンが生じます. 両者が反応しますが,

$0.1 \times 50 - 0.15 \times 30 = 0.5$ (mmol)の水素イオンが残るので, モル濃度は, 体積が  $(50 + 30) = 80$ mL になっていることから

$$0.5 \div 0.08 = 6.25 \text{ (mmol/L)}$$

$$\text{pH} = -\log(6.25 \times 10^{-3}) = 3 - \log 6.25$$

#### 問 49

平衡関係にある所に原料か生成物が加わった場合を考えることになります. 平衡定数の分母もしくは分子の値が変化するわけですが, 温度一定の場合, 問題文にあるように平衡定数の値は変化しないので, 大きくなった側の値の変化を打ち消すように反応が傾き, 元の平衡定数の値となります. これがル・シャトリエの原理です.

#### 問 50

$$1) \quad K = \frac{[\text{C}][\text{D}]}{[\text{A}][\text{B}]}$$

$$2) \quad K = \frac{0.25 \times 0.25}{(0.5 - 0.25) \times (0.5 - 0.25)} = 1$$

$$3) \quad K = \frac{0.3 \times 0.3}{(0.5 - 0.3) \times (0.5 - 0.3)} = 2.25$$

となり, 2.25 倍となります.

### 【第 10 章】

#### 問 51

水酸化ナトリウムの電離では水酸化物イオンが生じます. これに伴い水の電離平衡がル・シャトリエの原理で移動して水素イオンの濃度変化が起きます. したがって, まず, 水酸化物イオンの濃度を求めないと, 水素イオン濃度を計算できないので問題文のような手順を踏みます.



**問 52**

滴定に必要な水酸化ナトリウムの体積を  $v(\text{mL})$  とします.

$$1) \quad 0.1 \times 10 = 0.1 \times v \quad v = 10 \text{ (mL)}$$

$$2) \quad 2 \times 0.1 \times 5 = 0.1 \times v \quad v = 10 \text{ (mL)}$$

$$3) \quad 0.2 \times 15 = 0.1 \times v \quad v = 30 \text{ (mL)}$$

3) が答えとなります.

電離度に惑わされてはいけない

**問 53**

電離度を  $\alpha$  としますと,

$$\alpha \times 0.1 \times 20 = 0.1 \times 5.5$$

$$\alpha = 0.275$$

**問 54**

ある酸性物質溶液のモル濃度を  $x$  として,

$$0.5 \times x \times 10 = 0.1 \times 10$$

$$x = 0.2 \text{ (mol/L)} \quad \text{となります.}$$

この物質の分子量を  $M$  とすると,

$$\frac{10}{M} \cdot \frac{1000}{50} = 0.2$$

$$M = 1000$$

**問 55**

pH4 は酢酸緩衝液かクエン酸緩衝液

pH7 はリン酸緩衝液

pH9 はグリシン+水酸化ナトリウム緩衝液

が適当な緩衝液となります.

**問 56**

p.96 の式より 0.2 mol/L の酢酸と 0.4 mol/L の酢酸ナトリウムからつくった緩衝液の pH は

$$\text{pH} = 4.76 \quad \log \frac{0.4}{0.2} = 4.76 + \log 2$$

また, 0.4 mol/L の酢酸と 0.2 mol/L の酢酸ナトリウムの場合は

$$\text{pH} = 4.76 \quad \log \frac{0.2}{0.4} = 4.76 + \log 2$$

となります.

## 【第 11 章】

## 問 57

残っている原料濃度の対数を反応時間に対してグラフ化し直線になれば一次反応です。

## 問 58

一次反応は原料濃度 (A の濃度) に比例します。

A の濃度が 1 mol/L の場合は 0.5 mol/L の場合の 2 倍の濃度ですので、

A の濃度が 1 mol/L の場合の反応速度は 0.5 mol/L の場合の 2 倍となります。

## 問 59

一次反応の半減期は原料濃度に関係なく p.105 のコラム中の式  $\frac{\ln 2}{k}$  となりますので、

$$\frac{\ln 2}{0.5} = 2 \ln 2 \quad (\text{後は各自で計算してください})$$

となります。

## 問 60

p.110 の式に問題文の数値を代入して、

$$\frac{k_1}{k_2} = e^{-\frac{DE}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)}$$

$$\ln \frac{k_1}{k_2} = -\frac{DE}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

各自で計算してください。

$$\ln \frac{0.5 \times 2}{0.5} = -\frac{DE}{8.314}\left(\frac{1}{273.15 + 40} - \frac{1}{273.15 + 20}\right)$$

$$\ln 2 = -\frac{DE}{8.314}\left(\frac{1}{313.15} - \frac{1}{293.15}\right)$$

## 問 61

インターネットなどを利用して調べてください。

## 問 62

放射性同位元素の残量から  $\frac{2.5}{10} = \frac{1}{4} = \frac{1}{2^2}$  のように 2 半減期経過していることがわか

ります。半減期が 5500 年なので倍の 11000 年ほど前につくられたと考えられます。

## 【第12章】

## 問 63

テキスト p.113～114 を参考にしてください。

## 問 64

酸化剤：過酸化水素  $-1 \rightarrow -2$  (上の式),  $-1 \rightarrow -2$  (下の式)

濃硫酸  $+6 \rightarrow +4$

過マンガン酸カリウム  $+7 \rightarrow +2$

ニクロム酸カリウム  $+6 \rightarrow +3$

二酸化硫黄  $+4 \rightarrow 0$

還元剤：水素  $0 \rightarrow +1$

過酸化水素  $-1 \rightarrow 0$

二酸化硫黄  $+4 \rightarrow +6$

硫化水素  $-2 \rightarrow 0$

シュウ酸  $+3 \rightarrow +4$

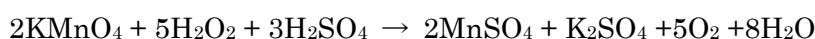
## 問 65

酸化剤は相手を酸化する試薬です。相手の酸化数の増加に応じた電子を酸化剤が受け取る必要がありますので酸化剤は還元されることとなります。還元剤は相手を還元しますので、同じ理由で還元剤は酸化されます。

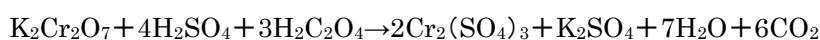
## 問 66

テキスト p.115～116 を参考にしてください。

最終結果を示します。



## 問 67



## 問 68

この反応の反応式は問 66 にあるので、この式から過マンガン酸カリウムと過酸化水素は 2 : 5 の比で反応することがわかります。

$$5 \times 0.1 \times 50 = 2 \times x \times 100$$

$$x = 0.125$$

過酸化水素の濃度は 0.125mol/L

## 問 69

イオン化傾向は電極電位に関連しています。標準電極と調べようとする金属で電池を

つくりプラスの電位を示すほうがイオンになりやすく、また、大きな電位を生むほうがよりイオンになりやすいと判断できます。プラスで大きな電位を生む金属から並べるとイオン化傾向の前半ができます。マイナスの電位となる金属は、大きな電位ほどイオンになり難い、つまり、イオン化傾向の後ろの金属となります。

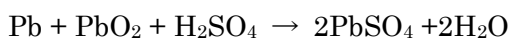
### 問 70

- 1)  $\text{Na}^+$ イオンが移動するので陽イオン交換膜を使用します。
- 2) A : 薄くなった塩化ナトリウム溶液  
B : 水酸化ナトリウム溶液
- 3) 陽極  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$  気体 C は塩素です。  
陰極  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$  気体 D は水素です。
- 4) 水酸化ナトリウムの式量は 40 なので、1 g は 0.025mol になります。  
ファラデーの法則から

$$0.025 = \frac{i \cdot 1 \cdot 60 \cdot 60}{96500}$$

$$i = 0.67(A)$$

また、放電時の鉛蓄電池の全反応式は



で、1 mol の電子移動で 1 mol の硫酸が減少し 1 mol の水が生成します。

今回は 0.025mol の電子移動があったと考えられますので

$$0.025 \times (98 - 18) = 2.0(\text{g}) \text{減少します。}$$