

## 第1章 問題解答

### 1節 物質の探求

問1 (p.10)

【解説】 混合物は物理的な方法で二つ以上の純物質に分けられる。純物質は一つの化学式で表すことができる。石油はいろいろな炭化水素、牛乳はタンパク質や水、卵はタンパク質や硫黄、食塩水は塩化ナトリウムと水が混じりあったものであるので混合物である。塩酸はHClと表記するが、塩化水素HCl(気体)を水に溶かしたものであり混合物である。

【解答】 純物質：鉄Fe、ドライアイスCO<sub>2</sub>  
混合物：石油、牛乳、卵、食塩水

### 節末問題 1-1 (p.17)

#### 1

【解説】 純物質は一つの化学式で表すことができ、単体は化学式が1種類の元素記号で、化合物は2種類以上の元素記号で表される。

空気：窒素N<sub>2</sub>(約78%)、酸素O<sub>2</sub>(約21%)、アルゴンAr(約1%)などの混合物  
食塩水：食塩NaCl + 水H<sub>2</sub>Oの混合物  
花こう岩：成分的にはさまざまな物質を含む。

【解答】 (ア) (a), (b), (h)

(イ) (c)(Cu), (d)(He), (g)(H<sub>2</sub>)  
(ウ) (e)(CO<sub>2</sub>), (f)(MgCl<sub>2</sub>)

#### 2

【解説】 (1) ワインは約12~14%程度のエタノールを含み、エタノールの沸点は78°Cであるため、沸点の差を利用しとり出すことができる。  
(2) 沈殿している物質はろ紙を通過することができないが、溶解している食塩はろ紙を通過するので分離することができる。  
(3) 硝酸カリウムKNO<sub>3</sub>の飽和溶液を冷却すると、溶解量は温度が低くなると小さくなるので、溶解しきれない分が析出するが、溶解していた食塩は少量で飽和してはいないので析出せず、硝酸カリウムだけをとり出すことができる。

【解答】 (1) (c) (2) (a) (3) (b)

### 3

【解説】 (1) 陰イオンが、硝酸イオンなのか塩化物イオンなのかの違いである。銀イオンは塩化物イオンと塩化銀(AgCl)の白色沈殿を生じるので(b)の硝酸銀水溶液で銀イオンを加え、沈殿を生じた方が塩化ナトリウムとわかる。

(2) 陽イオンが、ナトリウムイオンなのかバリウムイオンなのかの違いである。ナトリウムイオンはアルカリ金属、バリウムはアルカリ土類金属で、どちらも炎色反応を示すが、ナトリウムの炎色反応は黄色、バリウムは黄緑色で区別することができる。

(3) 陽イオンが、マグネシウムイオンなのかアルミニウムイオンなのかの違いである。マグネシウムイオンは2族であるが、ベリリウムとともにアルカリ土類金属とはよばれず、炎色反応を示さない。アルミニウムも炎色反応を示さない。また、ともに硝酸イオンで変化は見られないので、区別することができない。

【解答】 (3)

#### 4

【解説】 (2) 沸騰石は素焼きのかけらなど(植木鉢などのようにうわ薬をかけていない焼き物。乾かして何度も再利用できる。ただし、一度溶液に入れ沸騰したものをそのまま冷却した場合、表面の微細な穴に溶媒が入るため沸騰石の役割をはたさなくなるので改めて加えなおす必要がある。)

(3) 下から水を通すことにより、リーピッヒ冷却器の上まで水に満たされる。上から水を入れると、冷却器内に水がたまらず冷却効率が悪い。  
(4) 枝からリーピッヒ冷却器の方へ流れしていく水蒸気(気体)の温度を測定することになる。

【解答】 (1) (a) 枝付きフラスコ  
(b) リーピッヒ冷却器  
(2) 沸騰石 (3) ① (4) ④

### 2節 物質の構成粒子

問1 (p.20)

【解説】 元素記号の左下の数字：原子番号

元素記号の左上の数字：質量数

原子番号 = 陽子数、質量数 = 陽子数 + 中性子数、原子では 陽子数 = 電子数 である。

[解答]  $^{15}\text{N}$  : 陽子数 7 中性子数 8 電子数 7,  
 $^{35}\text{Cl}$  : 陽子数 17 中性子数 18 電子数 17

## 問2 (p.20)

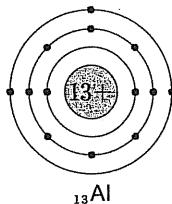
[解説] 表3 (p.26) より  $^{13}\text{C}$  の存在比は 1.07 % なので、全体を 10000 個とすると、その 1.07 % は

$$10000 \times \frac{1.07}{100} = 107$$

[解答] 107 個

## 問3 (p.22)

[解答]



## 節末問題 1-2 (p.35)

### 1

[解説] それぞれの原子の電子配置は、

	K	L	M	N
$^3\text{Li}$	2	1		
$^6\text{C}$	2	4		
$^{14}\text{Si}$	2	8	4	
$^{16}\text{S}$	2	8	6	
$^{17}\text{Cl}$	2	8	7	
$^{19}\text{K}$	2	8	8	1

- (1) 値電子の数が等しい元素は同族（周期表で縦に並ぶ）元素である。
- (2) 陽イオンでは電子を放出するので原子番号で前の 18 族元素、陰イオンでは電子を受け取るので原子番号で後ろの 18 族元素と同じ電子配置になる。
- (3) 陰イオンになりやすいのは値電子が 7 の 17 族元素である。

[解答] (1) (a)と(f), (b)と(c) (2) (a) (3) (e)

### 2

[解説] 最外殻の電子数が 8 個 (K 殻では 2 個) になるように電子を授受し、電子を受け取ると陰イオン、放出すると陽イオンになる。

- (2) 最外殻に電子が 3 個のもの

(3) 最外殻に電子が 6 個のもの

(4) 最外殻に電子が 8 個のもの

(5) 原子番号 11 の原子は、電子を 1 個放出して安定な電子配置となり、そのときの電子数は 10 個である。

(6) (ア)の原子は 1 値の陰イオンになりやすく、(ウ)の原子は 2 値の陽イオンになりやすいので 2 : 1 で結合する。(エ)の原子は 3 値の陽イオンになりやすく、(オ)の原子は 2 値の陰イオンになりやすいので 2 : 3 で結合する。

[解答] (1) (ア) F (イ) Ne (ウ) Mg (エ) Al (オ) S  
(2) (エ) (3) (オ) (4) (イ) (5) (イ)  
(6) (ア)と(ウ) :  $\text{MgF}_2$  フッ化マグネシウム  
(エ)と(オ) :  $\text{Al}_2\text{S}_3$  硫化アルミニウム

## 3節 物質量と化学反応式

### 問1 (p.36)

[解説]  $^{12}\text{C}$  1 個の質量は  $1.9927 \times 10^{-23}$  g で、これを 12 とし、その何倍かで表したのが相対質量である。 $2.3253 \times 10^{-23}$  g である  $^{14}\text{N}$  の相対質量を  $x$  とすると、その比より

$$1.9927 \times 10^{-23} \text{ g} : 12$$

$$= 2.3253 \times 10^{-23} \text{ g} : x$$

となり

$$x = 12 \times \frac{2.3253 \times 10^{-23} \text{ g}}{1.9927 \times 10^{-23} \text{ g}} = 14.0029$$

与えられた値  $2.3253 \times 10^{-23}$  が有効数字 5 術なので、6 術目を四捨五入して 5 術で答える。

[解答] 14.003

### 問2 (p.37)

[解説]  $^{35}\text{Cl}$  : 相対質量 35.0 75.8 %

$^{37}\text{Cl}$  : 相対質量 37.0 24.2 %

天然での存在比を考慮した相対質量の平均を求めるとき、

$$35.0 \times \frac{75.8}{100} + 37.0 \times \frac{24.2}{100}$$

$$= 35.0 \times 0.758 + 37.0 \times 0.242 = 35.484$$

この計算は次のようにすると簡単である。

$$35.0 \times 0.758 + (35.0 + 2.0) \times 0.242$$

$$= 35.0 \times (0.758 + 0.242) + 2.0 \times 0.242$$

$$= 35.0 + 0.484 = 35.484$$

[解答] 35.5

[別解] 平均点を求めるとき

全員の点数の合計 ÷ 人数 = 平均点

生徒が1000人いたとすると、

75.8%は758人, 24.2%は242人

全員の点数の合計は  $35.0 \times 758 + 37.0 \times 242$

全部で1000人なので、平均は

$$(35.0 \times 758 + 37.0 \times 242) \div 1000 = 35.5$$

### 問3 (p.38)

[解説] (1)  $\text{CH}_4$  C 1個, H 4個からなる。

$$\text{分子量 } \text{CH}_4 = 12 \times 1 + 1.0 \times 4 = 16$$

(2)  $\text{NH}_3$  N 1個, H 3個からなる。

$$\text{分子量 } \text{NH}_3 = 14 \times 1 + 1.0 \times 3 = 17$$

(3)  $\text{CO}_2$  C 1個, O 2個からなる。

$$\text{分子量 } \text{CO}_2 = 12 \times 1 + 16 \times 2 = 44$$

(4)  $\text{CuSO}_4$  Cu 1個, S 1個, O 4個からなる。

$$\begin{aligned} \text{式量 } \text{CuSO}_4 &= 63.5 \times 1 + 32 \times 1 + 16 \times 4 \\ &= 159.5 \end{aligned}$$

(5)  $\text{KNO}_3$  K 1個, N 1個, O 3個からなる。

$$\begin{aligned} \text{式量 } \text{KNO}_3 &= 39 \times 1 + 14 \times 1 + 16 \times 3 \\ &= 101 \end{aligned}$$

(6)  $\text{OH}^-$  イオンでは授受したのは電子であり、  
その質量は無視できるほど軽いので、式量に変化はない。O 1個, H 1個からなる。

$$\text{式量 } \text{OH}^- = 16 \times 1 + 1.0 \times 1 = 17$$

(7)  $\text{SO}_4^{2-}$  (6)と同様に電子は無視して、S 1個,  
O 4個からなる。

$$\text{式量 } \text{SO}_4^{2-} = 32 \times 1 + 16 \times 4 = 96$$

[解答] (1) 16 (2) 17 (3) 44

(4) 159.5 (有効数字を考慮すると 160)

(5) 101 (6) 17 (7) 96

### 問4 (p.39)

[解説] 鉛筆36本は何ダースか。1ダースは12本の集まりなので  $36 \text{ 本} \div 12 \text{ 本} = 3 \text{ ダース}$  と求めるように、基準となる集まりの個数（ここでは1ダース = 12）で割ることにより求めることができる（ものの種類によらない）。

化学の世界ではこの基準となる集まりは

$$1 \text{ mol} = 6.02 \times 10^{23} \text{ (アボガドロ数)}$$

である。

$$(3.01 \times 10^{22}) \div (6.02 \times 10^{23})$$

$$= \frac{3.01 \times 10^{22}}{6.02 \times 10^{23}} = 0.0500 \text{ mol}$$

[解答] 0.0500 mol

### 問5 (p.40)

[解説] 鉛筆1ダースは50gである。3ダースは何gか。 $3 \text{ ダース} \times 50 \text{ g} = 150 \text{ g}$  と求めるように、基準となる集まり（ここでは1ダース）の質量を掛けることにより求めることができる。

鉛筆1ダースは50gである。 $100 \text{ g}$  は何ダースか。 $100 \text{ g} \div 50 \text{ g} = 2 \text{ ダース}$  と求めるように、基準となる集まり（ここでは1ダース）の質量で掛けることにより求めることができる。

化学の世界では、この基準となる集まりの質量（モル質量）は式量（または分子量）gとなる。

(1) Al = 27 (モル質量 27 g/mol)

$$3.0 \text{ mol} \times 27 \text{ g/mol} = 81 \text{ g}$$

(2)  $\text{CO}_2$  分子式 C 1個, O 2個からなる。

$$\text{分子量 } \text{CO}_2 = 12 \times 1 + 16 \times 2 = 44$$

$$(\text{モル質量 } 44 \text{ g/mol})$$

$$11 \text{ g} \div 44 \text{ g/mol} = 0.25 \text{ mol}$$

[解答] (1) 81 g (2) 0.25 mol

### 類題1 (p.40)

[解説] (1)  $\text{NaCl}$  Na 1個, Cl 1個からなる。

$$\begin{aligned} \text{式量 } \text{NaCl} &= 23.0 \times 1 + 35.5 \times 1 = 58.5 \\ &(\text{モル質量 } 58.5 \text{ g/mol}) \end{aligned}$$

$$11.7 \text{ g} \div 58.5 \text{ g/mol} = 0.200 \text{ mol}$$

(2)  $\text{NH}_3$  N 1個, H 3個からなる。

$$\begin{aligned} \text{分子量 } \text{NH}_3 &= 14.0 \times 1 + 1.0 \times 3 = 17.0 \\ &(\text{モル質量 } 17.0 \text{ g/mol}) \end{aligned}$$

アンモニアとして

$$3.4 \text{ g} \div 17.0 \text{ g/mol} = 0.20 \text{ mol}$$

アンモニア1分子中に水素原子は3個あるので

$$\text{水素原子は } 3 \times 0.20 \text{ mol} = 0.60 \text{ mol}$$

[解答] (1) 0.200 mol (2) 0.60 mol

### 問6 (p.42)

[解説] (1) ドライアイスは二酸化炭素の固体。  
化学式で表すと、ともに  $\text{CO}_2$  である。

(2) 鉄がさびるという現象は、酸素と結びつき酸化物になること。

(3) 燃えるという現象も酸素と結びつくこと。ここでは、 $\text{CH}_4 + 2 \text{ O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$  の反応が起こる。

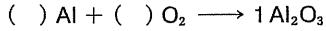
[解答] (1) 状態変化（昇華） (2) 化学変化  
(3) 化学変化

### 問7 (p.42)

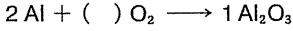
[解説] 登場回数が少ない原子から合わせていく。  
必要に応じてとりあえず分数を用いてもよい。

[解答] ①～⑤の数字は教 p.62 にならった。

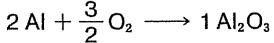
(1) ①  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の係数を 1 とする



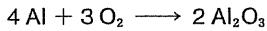
② Al の数を両辺で等しくする



④ O の数を両辺で等しくする



⑤ 係数を最も簡単な整数比にする

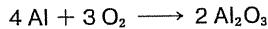


[別解] 登場回数は O も 2 回なので、O から合わせてもよい。

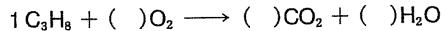
① 左右で O の数を合わせるために  $\text{O}_2$  に 3 を、  
 $\text{Al}_2\text{O}_3$  に 2 をつけ最小公倍数の 6 になるよう  
にする



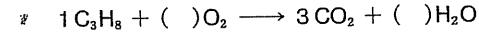
② Al を合わせる



(2) ①  $\text{C}_3\text{H}_8$  (プロパン) の係数を 1 とする



② C の数を両辺で等しくする



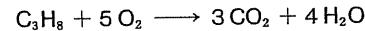
③ H の数を両辺で等しくする



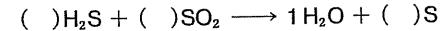
④ O の数を両辺で等しくする



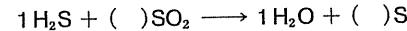
⑤ 係数を最も簡単な整数比にする。1 は省略



(3) ①  $\text{H}_2\text{O}$  の係数を 1 とする



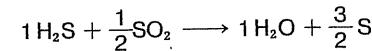
② H の数を両辺で等しくする



③ O の数を両辺で等しくする



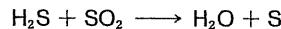
④ S の数を両辺で等しくする



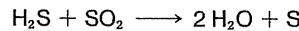
⑤ 係数を最も簡単な整数比にする。1 は省略



[別解] ①  $\text{H}_2\text{O}$  の係数を 1 とする



② 登場回数の少ない H と O のうち、H は合っているから、O を合わせる



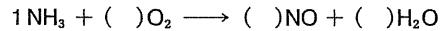
③ H が合わなくなつたので合わせる



④ 最後に S を合わせる



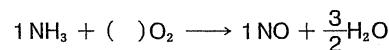
(4) ①  $\text{NH}_3$  の係数を 1 とする



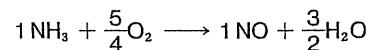
② N の数を両辺で等しくする



③ H の数を両辺で等しくする



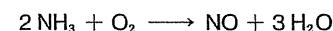
④ O の数を両辺で等しくする



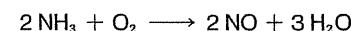
⑤ 係数を最も簡単な整数比にする。1 は省略



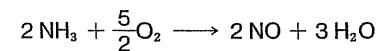
[別解] ① 登場回数の少ない N と H のうち、N は合っているから、H を合わせる (最小公倍数にする)。



② N が合わなくなつたので合わせる



③ O を合わせる

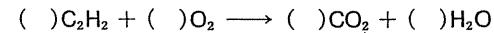


④ 全体を 2 倍する

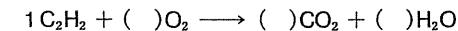


### 問8 (p.42)

[解説] まずは反応する物質、アセチレンと酸素 (燃焼は酸素と結びつく反応) を矢印の左に、生成する物質、二酸化炭素と水を矢印の右に書き、問7 同様に係数をつけて原子の数をあわせる。



①  $\text{C}_2\text{H}_2$  (アセチレン) の係数を 1 とする



② C の数を両辺で等しくする



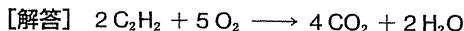
③ H の数を両辺で等しくする



④ O の数を両辺で等しくする



⑤ 係数を最も簡単な整数比にする



#### 類題2 (p.43)

[解説] 1 mol の気体の体積はどんな気体でも標準状態 ( $0^\circ\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) で  $22.4 \text{ l}$ 。

$6.02 \times 10^{23}$  個 (1 mol) の分子の質量は分子量  $g$  となるので、1 mol の質量を求めるとき分子量を求めることになる。

1 mol は  $22.4 \text{ l}$  なので

$$0.448 \text{ l} \text{ は } 0.448 \div 22.4 = 0.0200 \text{ mol}$$

0.0200 mol が  $0.880 \text{ g}$  なので 1 mol の質量は  
 $0.880 \text{ g} \div 0.0200 \text{ mol} = 44.0 \text{ g/mol}$

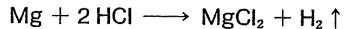
[解答] 分子量 44.0 (注: 分子量に単位はない)

[別解] 1 mol ( $22.4 \text{ l}$ ) の質量を求めればよいので、分子量を  $M$  とすると

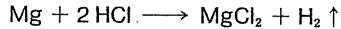
$$0.448 \text{ l} : 0.880 \text{ g} = 22.4 \text{ l} : Mg \quad M = 44.0$$

#### 類題3 (p.45)

[解説] まず、マグネシウムと塩酸が反応し水素と塩化マグネシウムができる反応式を書く。



反応式の係数は物質量(mol)の関係を表すので

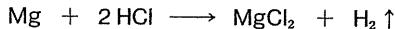


1 mol    2 mol    1 mol    1 mol

とわかるが、この問題で存在したマグネシウムは  $0.24 \text{ g}$  であり、 $\text{Mg} = 24$  より

$$0.24 \text{ g} \div 24 = 0.010 \text{ mol}$$

よって、それぞれの物質量 (mol) の関係は



0.010 mol    0.020 mol    0.010 mol    0.010 mol

[解答] 塩酸に含まれていた塩化水素は  $0.020 \text{ mol}$

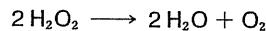
[別解]  $\text{Mg} : \text{HCl} = 1 : 2$  より

$$\frac{0.24}{24} \times \frac{2}{1} = 0.020$$

#### 類題4 (p.45)

[解説] 与えられた量を物質量に換算し、まずは求めたい量を物質量で求めてから換算する。

過酸化水素が分解し酸素が発生する反応式をつくる (ここで酸化マンガン(IV)は触媒なので反応式には書かない)。反応式の係数は物質量 [mol] の比を表すので



2    :    2    :    1

この問題では発生した酸素は  $1.12 \text{ l}$  であり、標準状態の気体は 1 mol が  $22.4 \text{ l}$  であるので、酸素は  $1.12 \text{ l} \div 22.4 \text{ l} = 0.0500 \text{ mol}$  とわかる。よって、過酸化水素と酸素の物質量の比より、存在した過酸化水素を  $x$  [mol] とすると

$$x \text{ [mol]} : 0.0500 \text{ mol} = 2 : 1$$

$$x = 0.0500 \times 2 = 0.100 \text{ mol}$$

$\text{H}_2\text{O}_2 = 34.0$  より過酸化水素 1 mol は  $34.0 \text{ g}$  であるから、

$$0.100 \text{ mol} \times 34.0 = 3.40 \text{ g}$$

[解答]  $3.40 \text{ g}$

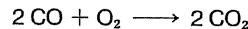
#### 類題5 (p.46)

[解説] 物質量に換算して考える。標準状態の気体は 1 mol が  $22.4 \text{ l}$  であることより、一酸化炭素と酸素の物質量は

$$\text{CO} \quad 2.24 \text{ l} \quad 2.24 \text{ l} \div 22.4 \text{ l} = 0.100 \text{ mol}$$

$$\text{O}_2 \quad 4.48 \text{ l} \quad 4.48 \text{ l} \div 22.4 \text{ l} = 0.200 \text{ mol}$$

一酸化炭素の完全燃焼の反応式をつくると



となり、酸素の量の 2 倍の一酸化炭素が反応することがわかるが、ここでは一酸化炭素は酸素の量の半分しかないので、反応の結果、酸素が余る。

	2 CO	+ O <sub>2</sub>	→ 2 CO <sub>2</sub>
反応前	0.100	0.200	0
反応・生成	-0.100	-0.050	+0.100

(係数比)

反応後              0              0.150              0.100

(1) 生成した二酸化炭素は、反応した一酸化炭素と同じ量  $0.100 \text{ mol}$  とわかり、標準状態の気体は 1 mol が  $22.4 \text{ l}$  であることより

$$0.100 \text{ mol} \times 22.4 \text{ l} = 2.24 \text{ l}$$

(2) 未反応で残ったのは酸素  $0.150 \text{ mol}$  であり、 $\text{O}_2 = 32.0$  より

$$0.150 \text{ mol} \times 32.0 \text{ g/mol} = 4.80 \text{ g}$$

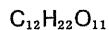
【解答】 (1) 2.24 l (2) 4.80 g

類題6 (p.47)

【解説】 0.100 mol/l スクロース…1 l 中に 0.100 mol のスクロースを含むこと。よって、100 ml

(m(ミリ))とは、10<sup>-3</sup>を表す) は  $\frac{100}{1000}$  l であるから

$$0.100 \text{ mol/l} \times \frac{100}{1000} \text{ l} = 0.0100 \text{ mol}$$



$$= 12.0 \times 12 + 1.0 \times 22 + 16.0 \times 11 = 342$$

より、スクロース 1 mol は 342 g であるから、

$$0.0100 \text{ mol} \times 342 \text{ g/mol} = 3.42 \text{ g}$$

【解答】 0.0100 mol, 3.42 g

類題7 (p.47)

【解説】 モル濃度もパーセント濃度も分母は溶液の量であるが、モル濃度では体積、パーセント濃度では質量であるため、この二つの濃度を換算するには質量と体積の関係を表す密度を用いることが必要である。

【補足】 1 l = 1000 cm<sup>3</sup>、すなわち一辺 10 cm の立方体の体積である。1 l (1000 cm<sup>3</sup>) の溶液について考えてみると、密度 1.03 g/cm<sup>3</sup> (1 cm<sup>3</sup> は 1.03 g であるの意) より、1 l の質量は

$$1.03 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ cm}^3 = 1030 \text{ g}$$

この質量のうち 8.3% (=0.083) がグルコースであることより、1 l 中のグルコースの質量は

$$1030 \times 0.083 \text{ g}$$

グルコースの分子量 180 より 1 mol は 180 g であるから、1 l 中のグルコースを物質量で考えると、

$$\frac{1030 \times 0.083}{180} \text{ mol} \div 1 \text{ l}$$

$$= 0.47 \text{ mol/l}$$

【解答】 0.47 mol/l

節末問題 1-3 (p.51)

1

【解説】 M → M<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

$$2.7 \text{ g} \quad 5.1 \text{ g}$$

増加した質量は O の分なので、結合した O は 5.1 g - 2.7 g = 2.4 g とわかる。

M<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の中に M が 2.7 g, O が 2.4 g 含まれ、原子数比が 2:3 であるから、M の原子量を x とすると、 $\frac{27}{x} : \frac{24}{16} = 2:3$  より

$$\frac{2.4}{16} \times 2 = \frac{2.7}{x} \times 3$$

$$x = \frac{2.7 \times 3 \times 16}{2.4 \times 2} = 27$$

原子量は 1 mol の質量である。

【解答】 27

2

【解説】 質量を物質量にするためには、今ある質量を 1 molあたりの質量で割ればよい。

例：酸素 O<sub>2</sub> 10 g は O<sub>2</sub> = 32 より  $\frac{10}{32} \text{ mol}$

この問題ではすべての物質の 10 g について考えるので、分母となる 1 molあたりの質量(式量)の最も大きなものが物質量としては少なくなる。(同じ質量であれば一つが重いものほど数は少なく、軽いものほど数は多くなる。) (a) O<sub>2</sub> = 32, (b) Al = 27, (c) C = 12, (d) H<sub>2</sub>O = 18

【解答】 (c) > (d) > (b) > (a)

3

【解説】 (1) 1 mol の質量は分子量 g となるので、1 mol (6.0 × 10<sup>23</sup> 個) の質量を求めればよい。

$$9.2 \text{ g} : 1.2 \times 10^{23} \text{ 個} = x[\text{g}] : 6.0 \times 10^{23} \text{ 個}$$

$$x = 9.2 \text{ g} \times \frac{6.0 \times 10^{23}}{1.2 \times 10^{23}} = 46 \text{ g}$$

(2) 1 mol の質量は分子量 g となるので、1 mol (22.4 l) の質量を求めればよい。

0.90 g/l … 1 l は 0.90 g の意味である。

$$0.90 \text{ g/l} \times 22.4 \text{ l} = 20 \text{ g}$$

(3) 1 mol の標準状態の気体は 22.4 l であり、密度(単位体積あたりの質量、この場合は 1 l あたりの質量)が水素の 8.0 倍の気体では、22.4 l (1 mol) の質量も水素の 8.0 倍であるから、分子量は H<sub>2</sub> = 2.0 より

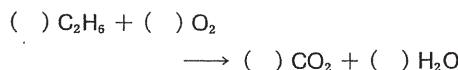
$$2.0 \times 8.0 = 16$$

【解答】 (1) 46 (2) 20 (3) 16

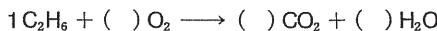
4

【解説】 (1) まずは、反応する物質エタンと酸素(燃焼は酸素と結びつく反応)を矢印の左に、生成する物質二酸化炭素と水を矢印の右に書き、

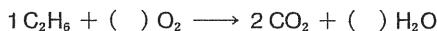
原子数をあわせる。①～⑤の数字は教 p.62 にならった。



①  $\text{C}_2\text{H}_6$  (エタン) の係数を 1 とする。



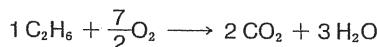
② C の数を両辺で等しくする。



③ H の数を両辺で等しくする。



④ O の数を両辺で等しくする。



⑤ 係数を最も簡単な整数比にする。



(2) 化学反応式の係数が表すのは物質量 [mol] の比なので、物質量に換算して求め、求めたい量になおす。 $\text{C}_2\text{H}_6 = 30.0$  より、 $1.50 \text{ g}$  は

$$1.50 \text{ g} \div 30.0 = 0.0500 \text{ mol}$$

反応式の係数より発生する二酸化炭素はエタンの量の 2 倍であるから

$$0.0500 \text{ mol} \times 2 = 0.100 \text{ mol}$$

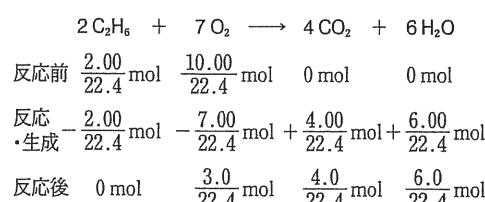
標準状態の気体 1 mol は  $22.4 \text{ l}$  であるから

$$0.100 \text{ mol} \times 22.4 \text{ l/mol} = 2.24 \text{ l}$$

(3) 気体の体積を物質量に換算すると標準状態の気体 1 mol は  $22.4 \text{ l}$  であるから

$$\text{エタン } \frac{2.00}{22.4} \text{ mol}, \text{ 酸素 } \frac{10.0}{22.4} \text{ mol}$$

とわかり、反応式の係数よりエタンの燃焼に必要な酸素はエタンの量の 3.5 倍とわかり、反応で酸素が残ることがわかる。よって、生成物を物質量で求めると、



よって、生じた二酸化炭素、未反応の酸素を体積になおすと、

$$\text{二酸化炭素 } \frac{4.00}{22.4} \text{ mol} \times 22.4 \text{ l/mol} = 4.00 \text{ l}$$

$$\text{酸素 } \frac{3.00}{22.4} \text{ mol} \times 22.4 \text{ l/mol} = 3.00 \text{ l}$$

[解答] (1)  $2 \text{C}_2\text{H}_6 + 7 \text{O}_2 \longrightarrow 4 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$   
(2)  $2.24 \text{ l}$  (3)  $4.00 \text{ l}, 3.00 \text{ l}$

[補足] 標準状態の気体 1 mol は気体の種類によらず  $22.4 \text{ l}$  であるから、気体の体積を物質量と同じように (ものの種類によらず 1 mol は  $22.4 \text{l}$ ) 扱うことができ、この問題のように mol に換算しなくてもよいが、扱いになれるまではこの問題の解説のように mol に換算するときに計算せず  $22.4$  を分数でそのまま残しておけばよい。途中の計算は分数で進め、最後に割り算を行うことが望ましい。

## 5

[解説] 質量パーセント濃度

$$\frac{\text{溶質}}{\text{溶質} + \text{溶媒}} \times 100 \\ = \frac{25}{100 + 25} \times 100 = 20$$

モル濃度では上記の分母を質量ではなく体積で表す必要があるので、密度を用いて体積とする。

溶液  $125 \text{ g}$  は密度  $1.2 \text{ g/cm}^3$  より

$$125 \text{ g} \div 1.2 \text{ g/cm}^3 \\ = \frac{125}{1.2} \text{ cm}^3 = \frac{125}{1.2 \times 1000} \text{ l}$$

また、溶質の物質量は  $\text{NaOH} = 40$  より、

$$25 \text{ g} \div 40 \text{ g/mol} = 0.625 \text{ mol}$$

よって、モル濃度は

$$0.625 \text{ mol} \div \frac{125}{1.2 \times 1000} \text{ l} = 6.00 \text{ mol/l}$$

[解答] 20 %, 6.0 mol/l

## 6

[解説] 歴史的法則を古い順に並べると、次のようにになる。

1774 年 質量保存の法則(b) ラボアジエ

1799 年 定比例の法則(a) プルースト

1803 年 倍数比例の法則(c) ドルトン

1808 年 気体反応の法則(e) ゲーリュサック

1811 年 アボガドロの法則(d) アボガドロ  
ドルトンの原子説で説明ができるのは、(b)(a)(c)  
までで、ここまで法則は反応における質量に  
注目したものであったが、気体反応の法則は氣  
体の体積についての法則である。気体反応の法  
則を同温、同圧、同体積の気体には同数の粒子  
(単体は原子) を含むとして原子説で説明する  
には、原子を切るか、同体積に入る数を変えな  
いかぎり説明できなくなる。これを満足させた  
のが、単体も複数の原子が化合した分子である  
とした分子説 (アボガドロ) である。

[解答] (a), (b), (c)

## 4 節 化学結合と結晶

### 問1 (p.57)

[解説] 最外殻電子を・で表したものと電子式、1組の共有電子対を1本の線(価標といふ)で表した化学式を構造式といふ。1個の原子から出ている価標の数を原子価といふ、これら化合物中における水素、塩素の原子価は1、酸素の原子価は2、炭素の原子価は4である。

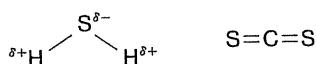
[解答]

	電子式	構造式
(1) $\text{H}_2\text{O}_2$	H:O <sup>..</sup> :O <sup>..</sup> :H	H—O—O—H
(2) $\text{CCl}_4$	:Cl: <sup>..</sup> :Cl: <sup>..</sup> :C:Cl: <sup>..</sup> :Cl: <sup>..</sup>	Cl   Cl—C—Cl   Cl
(3) $\text{C}_2\text{H}_4$	H:C <sup>..</sup> :C:H H H	H—C <sup>..</sup> =C <sup>..</sup> —H     H H

### 問2 (p.62)

[解説] 分子が極性をもつかどうかは、結合に極性があるかどうかと、分子の形の二つの要素で決まる。電気陰性度(ポーリング)の値は、CとSはほぼ同じで2.5、Hは2.1である。

硫化水素分子は、電気陰性度がS原子の方がH原子よりも大きいため、結合に極性が生じ、S原子が負電荷 $\delta^-$ 、H原子が正電荷 $\delta^+$ となる。また、硫化水素分子は、折れ線型をとっているため、 $\delta^-$ と $\delta^+$ の重心が一致せず極性分子となる。塩素分子は、同元素の二原子分子であるので、結合に極性がないため、分子の極性は生じない。したがって、無極性分子である。二硫化炭素分子は、CとSの電気陰性度がほぼ同じ値であるが、仮に(S原子のほうがわずかに電気陰性度が大きいために)結合に極性が生じたとしても、直線型分子であるため、 $\delta^-$ と $\delta^+$ の重心が一致することになる。したがって、無極性分子である。



[解答] (1)

### 問3 (p.64)

[解説] 一般に内殻の電子ほど原子核からの静電気力を強く受けるため、M殻が最外殻であるナトリウム原子のほうが、N殻が最外殻であるカリウム原子よりも原子核と最外殻電子(自由電子)の結合力が強くなっている。したがって、ナトリウムの方が融点が高くなる。実際に、ナトリウムの融点は98°C、カリウムの融点は64°Cである。

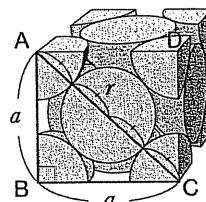
[解答] ナトリウムのほうがカリウムよりも金属原子の半径が小さいので、ナトリウムの方が金属結合は強くなる。したがって、ナトリウムの方が融点が高いと考えられる。

### 類題1 (p.66)

[解説] 面心立方格子では、単位格子中に4つの原子を含む。単位格子の1辺を $a$  [cm] とすると、 $a^3$  [cm<sup>3</sup>] 中に4個の原子が存在することになるので、1 cm<sup>3</sup>あたり、 $N$  個の原子を含むとすれば、

$$a^3 : 1 = 4 : N$$

$$N = \frac{4}{a^3}$$



という関係になる。

これに、 $a=3.6 \times 10^{-8}$  cm を代入して解くと、

$$N = \frac{4}{(3.6 \times 10^{-8})^3} = 8.57 \times 10^{22}$$

$$\approx 8.6 \times 10^{22} \text{ 個}$$

また、原子1個の質量を $w$  [g] とすると、 $w$  [g] の4倍が、単位格子 $a^3$  [cm<sup>3</sup>] の質量を表す。したがって、結晶の密度を $d$  [g/cm<sup>3</sup>] とすると、

$$d = \frac{4 \times w}{a^3}$$

という関係になる。

これに、 $\frac{4}{a^3}=8.57 \times 10^{22}$ 、 $w=1.05 \times 10^{-22}$  [g] を代入して解くと、

$$d = 8.57 \times 10^{22} \times 1.05 \times 10^{-22} = 8.99$$

$$\approx 9.0 \text{ g/cm}^3$$

[解答]  $8.6 \times 10^{22}$ 個、 $9.0 \text{ g/cm}^3$

## 節末問題 1-4: (p.69)

### 1

[解説] Xの原子はM殻に価電子を7個持つことから、1価の陰イオン $X^-$ になりやすい原子である。一方、Yの原子はM殻に価電子を2個持つことから、2価の陽イオン $Y^{2+}$ になりやすい原子である。したがって、元素Xと元素Yからなる化合物は、イオン結合性物質で、組成式が $YX_2$ と表せる。したがって、単位格子中で $X:Y=2:1$ の割合で結晶をつくっている。

(a) 単位格子中にX原子が4個(格子の中心の原子は1個と数え、これが1カ所で1個。辺上の原子は4分の1個と数え、これが12カ所あり、 $\frac{1}{4} \times 12 = 3$ 個)、Y原子が4個(面心立方格子の配列であるから)であるため、 $X:Y=1:1$ となる。

(b) X原子が4個(格子の内部の原子も1個と数え、これが4カ所で4個)、Y原子が2個(体心立方格子の配列であるから)であるため、 $X:Y=2:1$ となる。

(c) X原子が1個(格子の中心に1カ所で1個)、Y原子が1個(頂点に8カ所で、 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 個)であるため、 $X:Y=1:1$ となる。

以上より、条件を満たしているのは(b)である。

[解答] 組成式  $YX_2$ 、結晶構造 (b)

### 2

[解説] 以下に(a)～(e)の分子の電子式および構造式を示す。

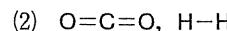
	電子式	構造式
(a) $H_2O$	$H:\ddot{O}:H$	$H-O-H$
(b) $NH_3$	$H:\ddot{N}:H$ H	$H-N-H$   H
(c) $CH_4$	$H$ $\ddot{C}:H$ H	$H$   $H-C-H$   H
(d) $CO_2$	$:\ddot{O}::\ddot{C}::\ddot{O}:$	$O=C=O$
(e) $H_2$	$H:H$	$H-H$

- (1) (a), (b), (d)には非共有電子対が存在し、分子中に(a)には2組、(b)には1組、(d)には4組ある。
- (2) (d)と(e)は直線形である。また、(a)は折れ線型、(b)は三角錐形、(c)は正四面体形である。
- (3) (a)～(e)の分子のうち、(e)以外は結合に極性がある。これらのうち、(a)の $H_2O$ と(b)の $NH_3$ については、分子の形から、正電荷と負電荷の重心が一致せず、極性分子となる。一方、(c)の $CH_4$ と(d)の $CO_2$ は正電荷と負電荷の重心が一致するため、無極性分子となる。

- (4) すべて共有結合からなる物質であるため、各分子中における各原子の電子数の総和が分子の総電子数となる。

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| (a) $1 \times 2 + 8 = 10$ | (b) $7 + 1 \times 3 = 10$ |
| (c) $6 + 1 \times 4 = 10$ | (d) $6 + 8 \times 2 = 22$ |
| (e) $1 \times 2 = 2$      |                           |

[解答] (1)  $H:\ddot{O}:H$



(3) 水、アンモニア

- |            |        |        |
|------------|--------|--------|
| (4) (a) 10 | (b) 10 | (c) 10 |
| (d) 22     | (e) 2  |        |

### 3

[解説] (1) イオン結晶の物質は、陽イオンと陰イオンが静電気的な力で引かれて、結合をつくっている。固体の状態では、電圧を加えてもイオンが移動しないため電気が流れないが、融解して液体の状態になるとイオンが移動できるようになり、電気が流れる。イオン結晶の物質は、金属元素と非金属元素からなる化合物である。

(2) 分子結晶の物質は、分子間で分子間力と呼ばれる弱い引力が働き、結晶をつくっている。分子間力は弱いため、分子結晶の物質は、一般に融点は低く、昇華しやすいものもある。また、電荷をもたないので、電気は流れない。分子結晶の物質は、非金属元素の単体もしくは化合物からなる。

(3) 共有結合の結晶の物質は、隣接する原⼦どうしがすべて共有結合で連なった立体的な構造をしている。このことから、一般に非常に硬く、融点も極めて高い。電気を通さないものが多いが、黒鉛のように価電子の一部が自由電子のよ

うにふるまう物質では電気伝導性がある。共有結合の結晶の物質は、原子価の多い非金属元素(CやSi)の単体あるいは化合物からなる。

(4) 金属結晶の物質では、価電子が1個の金属原子に固定されず、金属全体を自由に移動できる。この電子が金属陽イオンを結びつけて、結晶をつくっているため、電気伝導性がある。また、物質に力を加え原子の配置がかわろうとしても、イオン結合性物質のように静電気的な引力が働くことがないため、延ばしたり、広げたり自由に変形できる(延性、展性)。金属結晶の物質は、金属元素からなる単体あるいは混合物(合金)である。

[解答] [A群] [B群] [C群]

- (1) (c), (g), (l)
- (2) (a), (h), (i)
- (3) (d), (f), (j)
- (4) (b), (e), (k)

### 章末問題 1 (p.70)

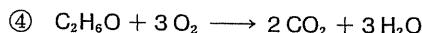
- 1 [解説] a. 原子番号は陽子数に等しい。  
質量数は陽子数と中性子数の和。
- $^{14}\text{C}$  陽子数 6 中性子数 8  
 $^{14}\text{N}$  陽子数 7 中性子数 7 正しい
- b.  $\text{Na}^+$ と $\text{F}^-$ はともに $\text{Ne}$ と同じ電子配置となる。  
しかし、電子核に存在する正の電荷をもった陽子数が $\text{Na}^+$ の方が多いので、負の電荷をもった電子を強く引きつけるため、イオン半径は小さい。 正しい
- c. Nは価電子5, Sは価電子6 誤り
- d. 同位体は質量は異なるが化学的性質は似ている。 正しい
- e. イオン化エネルギーは周期表で右上ほど大きく左下ほど小さい(イオン化エネルギーの小さな原子は陽イオンになりやすい)。 正しい
- f. 上記説明参照 誤り

[解答] ⑤

2 [解説] ① Feのモル質量は56 g/molであるから、56 gは  
 $56 \text{ g} \div 56 \text{ g/mol} = 1.0 \text{ mol}$

$$② 1.0 \text{ mol/l} \times \frac{300}{1000} \text{ l} = 0.300 \text{ mol}$$

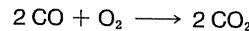
$$③ 33.6 \text{ l} \div 22.4 \text{ l/mol} = 1.50 \text{ mol}$$



より、1 molのエタノールの燃焼で生じる $\text{CO}_2$ は2 mol

[解答] ④

3 [解説] 一酸化炭素とエタンの燃焼の反応式は、



この反応式より、生じた水はすべてエタンの燃焼によることがわかる。生じた水が0.030 molであることより、燃焼したエタンはその $\frac{1}{3}$ で0.010 molである。

次に、エタン0.010 molの燃焼で生じる二酸化炭素を考えると、エタンの2倍の量が生じているので0.020 molである。ここでは、0.045 mol生じていることより、残りの0.045 mol - 0.020 mol = 0.025 molは一酸化炭素の燃焼で生じたと考えられる。一酸化炭素の燃焼では反応した一酸化炭素と生成した二酸化炭素は同量なので、一酸化炭素は0.025 molとわかる。よって、 $\text{CO}$  0.025 mol,  $\text{C}_2\text{H}_6$  0.010 mol

[解答] ④

### 4

- [解説] (ア) 酸素原子はL殻に6個の電子を持ち、これが価電子となっている。
- (イ), (ウ) 水分子中の酸素原子には、共有結合に関わらない電子対(非共有電子対あるいは孤立電子対という)が2対存在する。
- (エ), (オ) 原子が不对電子を出し合ってつくる結合を共有結合という。水分子では、2対ある。
- (カ) 共有結合をつくる原子間で、原子が電子を引きつける尺度を電気陰性度と呼ぶ。

[解答] (ア) 6 (イ) 2

(ウ) 非共有電子対(孤立電子対)

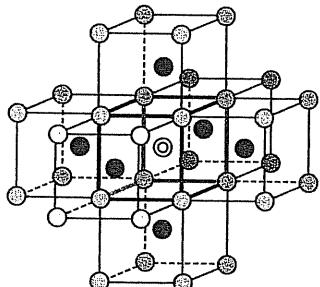
(エ) 不対電子 (オ) 共有

(カ) 電気陰性度

## 5

[解説] 体心立方格子では、単位格子中に2個の原子が含まれている。また、格子の中心と立方体の頂点に位置する原子どうしが接していることから、1個の原子に対して8個の原子が接している。

- (ア) ○：ナトリウムは、第1族の元素で、1価の陽イオンになりやすい。よって、1個の原子から放出する自由電子は1個である。単位格子中には2個のナトリウム原子があるから、平均2個の自由電子が存在する（自由電子は移動しているので、「常に」2個ということはできない）。
- (イ) ○：ナトリウムの原子番号は11であるから、ナトリウム原子中に含まれる陽子の数も11である。単位格子中には原子が2個あるので、陽子の数は $11 \times 2 = 22$ 個となる。
- (ウ) ○：体心立方格子では、1個の原子に対して8個の原子が接している。
- (エ) ×：次に示す図のように、単位格子をいくつか並べて考える。中央の格子を基準にすると、中心の原子から2番目に近い原子は、隣の格子の中心に位置している原子である。したがって、隣接する格子は6個があるので、2番目に近い距離に位置する原子の総数は、6個が正しい。



○は中心原子、●は2番目に近接する原子

[解答] (エ)