

高 2 東大化学導入



1章 原子量・物質質量

問題

■ 演習

【1】

解答

- 問1 (1) a: 12, b: 原子量, c: 分子量, d: 式量
(2) e: 質量数, f: アボガドロ数, g: 1 mol, h: 原子量, i: 分子量, j: 22.4
- 問2 (1) (a) 8.0g, (b) 13g, (c) 12g
(2) (a) 0.50mol, (b) 5.9×10^{-2} mol, (c) 1.3×10^{-2} mol
(3) ナトリウムイオン; 9.2g 硫酸イオン; 19g
(4) M_2O_3
(5) 3.3×10^{25} 個

解説

問2

- (1)
- (a) アルゴン Ar は、希ガスであり、1原子で1分子となっている。Arの原子量は40.0であることより、Ar 1 molの質量は40.0gである。したがって、Ar 0.20molの質量は
 $40.0 \times 0.20 = 8.0$ [g]
- (b) 二酸化硫黄 SO_2 の分子量は
(Sの原子量) + (Oの原子量) $\times 2 = 32.1 + 16.0 \times 2 = 64.1$
である。つまり、 SO_2 1 molの質量は64.1gであるから、 SO_2 0.20molの質量は
 $64.1 \times 0.20 = 12.82$ [g]
- (c) 塩化ナトリウム NaClの式量は
(Naの原子量) + (Clの原子量) $= 23.0 + 35.5 = 58.5$
である。つまり、NaCl 1 molの質量は58.5gであるから、NaCl 0.20molの質量は
 $58.5 \times 0.20 = 11.7$ [g]
- (2)
- (a) 水素 H_2 の分子量は $1.0 \times 2 = 2.0$ であるから、1.0gの物質質量を x [mol] とおくと、1.0molと x [mol] の質量について、次式が成り立つ。
 1.0 [mol] : x [mol] $= 2.0$ [g] : 1.0 [g]
 $\therefore x = 0.50$ [mol]
- (b) アンモニアの分子量は17.0であるから、1.0gの物質質量は
 $\frac{1.0}{17.0} = 5.88 \times 10^{-2}$ [mol]
- (c) 硫化ナトリウム Na_2S の式量は78.1であるから、1.0gの物質質量は

$$\frac{1.0}{78.1} = 1.28 \times 10^{-2} [\text{mol}]$$

- (3) イオンは、原子（または原子団）が電子を失ったり受け取ったりして生じるが、電子の質量は原子の質量に対して非常に小さく、ほとんど無視できるので、イオンの質量はもとの原子の質量に等しいと考えてよい。

硫酸ナトリウム Na_2SO_4 は Na^+ と SO_4^{2-} からなるイオン結晶である。化学式より、 SO_4^{2-} 1 個に対して Na^+ 2 個が結合しているので、 Na_2SO_4 0.20mol 中には、 Na^+ が (0.20×2) [mol] と SO_4^{2-} が 0.20mol 含まれていることがわかる。よってそれぞれの質量は

$$\text{Na}^+ ; 23.0 \times (0.20 \times 2) = 9.2 [\text{g}]$$

$$\text{SO}_4^{2-} ; (32.1 + 16.0 \times 4) \times 0.20 = 19.22 [\text{g}]$$

- (4) 金属 M（原子量 150）25g の物質量は $\frac{25}{150}$ [mol] である。一方、酸素 O_2 （分子量

32.0）4g の物質量は $\frac{4}{32.0}$ [mol] であり、含まれる O 原子の物質量は $\frac{4 \times 2}{32.0}$ [mol] である。

したがって、酸化物中の金属 M と酸素原子 O の物質量の比は

$$\text{M} : \text{O} = \frac{25}{150} : \frac{4 \times 2}{32.0} = 2 : 3$$

よって、求める酸化物の化学式は、 M_2O_3 となる。

- (5) 水 H_2O の分子量は、 $1.0 \times 2 + 16.0 = 18.0$ である。また、水の密度が 1.0g/cm^3 より、1 L (= 1000cm^3) の質量は $1.0 \times 1000 = 1000$ [g] であるから、1 L の水の物質量は $\frac{1000}{18.0}$ [mol] であることになり、その分子数は次のように求められる。

$$\frac{1000}{18.0} \times 6.0 \times 10^{23} = 3.33 \times 10^{25}$$

【2】

解答

問1 (1) (a) 3.0×10^{23} , (b) 4.1×10^{22} , (c) 質量：7.3g, 体積：4.5L

(2) Ni > Cu > Zn > Al

問2 (1) 12

(2) 38%

解説

問1

(1)

(a) (分子数) = (分子の物質質量[mol]) × (アボガドロ定数[/mol])

$$= \frac{\text{分子の質量(グラム数)}}{\text{分子量}} [\text{mol}] \times (\text{アボガドロ定数}[/\text{mol}])$$

窒素分子 N_2 の分子量は $14.0 \times 2 = 28.0$, 酸素分子 O_2 の分子量は $16.0 \times 2 = 32.0$ より

$$\begin{aligned} (\text{N}_2 \text{の分子数}) + (\text{O}_2 \text{の分子数}) &= \frac{8.4}{28.0} \times (6.0 \times 10^{23}) + \frac{6.4}{32.0} \times (6.0 \times 10^{23}) \\ &= 3.0 \times 10^{23} \end{aligned}$$

(b) 水銀 (密度 13.6g/cm^3 , 原子量 201) 1.0cm^3 の質量は 13.6g であるから, (1) と同様に考えると, その原子数は

$$\frac{13.6}{201} \times (6.0 \times 10^{23}) = 4.05 \times 10^{22}$$

(c) 塩化水素 HCl の分子量は, $1.0 + 35.5 = 36.5$ である。つまり, HCl 1 mol の質量は 36.5g なので, 0.20mol における質量は

$$36.5 \times 0.20 = 7.3 [\text{g}]$$

HCl は標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$) において気体なので, 1 mol 当たり 22.4L を占める。よって, 標準状態における 0.20mol の体積は

$$22.4 \times 0.20 = 4.48 [\text{L}]$$

(2) アルミニウム Al, 亜鉛 Zn, ニッケル Ni, 銅 Cu のそれぞれ 1cm^3 中の原子数は

$$(\text{1 cm}^3 \text{中の原子数}) = \frac{(\text{密度}[\text{g/cm}^3] \times 1[\text{cm}^3])}{\text{原子量}} \times (\text{アボガドロ数})$$

であるから, $\frac{\text{密度}}{\text{原子量}}$ の値の大きいものほど原子数が大きく, 小さいものほど原子数が小さいことがわかる。よって, この値の大小を比べればよい。

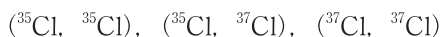
$$\text{Al (原子量 27.0)} : \frac{2.70}{27.0} = 0.100 \qquad \text{Zn (原子量 65.4)} : \frac{7.14}{65.4} = 0.109$$

$$\text{Ni (原子量 58.7)} : \frac{8.85}{58.7} = 0.150 \qquad \text{Cu (原子量 63.5)} : \frac{8.92}{63.5} = 0.140$$

したがって, 原子数は Ni > Cu > Zn > Al の順となる。

問2

- (1) 塩素原子には、 ^{35}Cl および ^{37}Cl の2種の同位体が存在する。また、硫黄原子には、 ^{32}S 、 ^{33}S 、 ^{34}S 、 ^{36}S の4種の同位体が存在する。塩素原子の同位体を考慮すると、二塩化硫黄 SCl_2 分子における塩素原子の組合せは、次の3通りである。



それぞれの組合せについて硫黄原子が4種類ありうるので、二塩化硫黄の分子の種類は $3 \times 4 = 12$ [種類]

- (2) 相対質量 104 となる SCl_2 を構成する原子には、次の組合せがある。

- ① S (相対質量 32), Cl (相対質量 35), Cl (相対質量 37) からなる。

$$\text{SCl}_2 \text{ の相対質量} : 32 + 35 + 37 = 104$$

- ② S (相対質量 34), Cl (相対質量 35), Cl (相対質量 35) からなる。

$$\text{SCl}_2 \text{ の相対質量} : 34 + 35 \times 2 = 104$$

そこで、①および②それぞれの分子の存在比を求め、その和を相対質量 104 の SCl_2 分子の存在比とすることができる。次の手順で求める。

- (1) ^{35}Cl および ^{37}Cl の存在比を求める。 ^{35}Cl の存在比を x [%] とすると

$$^{35}\text{Cl} \cdots \text{相対質量 } 35 \cdots \text{存在比 } x [\%]$$

$$^{37}\text{Cl} \cdots \text{相対質量 } 37 \cdots \text{存在比 } (100 - x) [\%]$$

$$(\text{塩素の原子量}) = 35 \times \frac{x}{100} + 37 \times \frac{100 - x}{100} = 35.5 \quad \therefore x = 75 [\%]$$

すなわち ^{35}Cl の存在比は 75%, ^{37}Cl の存在比は 25% である。

- (2) ①の分子の存在比を求める。

$$^{35}\text{Cl} - ^{32}\text{S} - ^{37}\text{Cl} \text{ の存在比} : \frac{75}{100} \times \frac{95.02}{100} \times \frac{25}{100} \times 100 = 17.8 [\%]$$

$$\begin{array}{ccc} \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \text{存在比} & \text{存在比} & \text{存在比} \\ 75\% & 95.02\% & 25\% \end{array}$$

Cl の結合位置は分子種を決めることに関わらないため、 $^{37}\text{Cl} - ^{32}\text{S} - ^{35}\text{Cl}$ の存在比も同様に 17.8% である。したがって、①の分子の存在比は

$$17.8 \times 2 = 35.6 [\%]$$

- (3) ②の分子の存在比を求める。

$$^{35}\text{Cl} - ^{34}\text{S} - ^{35}\text{Cl} \text{ の存在比} : \frac{75}{100} \times \frac{4.21}{100} \times \frac{75}{100} \times 100 = 2.36 [\%]$$

$$\begin{array}{ccc} \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \text{存在比} & \text{存在比} & \text{存在比} \\ 75\% & 4.21\% & 75\% \end{array}$$

- (4) 相対質量 104 の SCl_2 分子の存在比を求める。①および②の分子の存在比の和より

$$35.6 + 2.36 = 37.96 [\%]$$

【3】**解答**

問1 1 : 12000, 2 : 10^3 , 3 : ①, ⑤, ⑥

問2 (1) ア : $\frac{S}{B}$, イ : $\frac{AW}{M}$, ウ : $\frac{MS}{BW}$

(2) $5.93 \times 10^{23} / \text{mol}$

(3) $2.50 \times 10^{-7} \text{cm}$

解説

問1 まず、原子量（分子量，式量）と物質量の関係を定義に基づいて考えてみよう。

- (1) 原子量とは、ある元素の原子の相対質量のことで、その基準となる原子は ^{12}C であり、この質量を 12（単位なし）として、それぞれの原子や分子などの質量がいくつになるか、その比較により表した数値である。
- (2) 物質量とは、 ^{12}C 原子 12g 中に含まれる ^{12}C 原子の数（＝アボガドロ数： 6.02×10^{23} ）と同数の同一粒子集団を 1 mol として、新しい単位を導入し、その何倍量の粒子集団かを表したものである（→あるもの 12 個の集まりを「1 ダース」と数えるのと同様に考えると理解しやすいであろう）。
- (3) (1), (2) では $^{12}\text{C} = 12$ としている点が基準としての共通点であるから、 ^{12}C 原子 12g と同数の ^1H 原子（相対質量 1.0）の質量は 1.0g である。同様に、他の元素についても「1 mol の質量 = 原子量[g]」となる。

1 原子量：本問のように「 ^{12}C の質量 = 12000（単位なし）」を基準としても、 ^{12}C と他の元素の原子の質量の比は変わらないので、基準となる原子質量の値が 1000 倍になれば、原子量も 1000 倍になる（例： ^1H の原子量は 1000.0）。

2 アボガドロ数：(3) に従うと、物質量の基準も ^{12}C 原子 12000g（＝12kg）の原子数が 1 mol の粒子数であるから、その集団単位のアボガドロ数 6.02×10^{23} が 1000 倍の 6.02×10^{26} となる。つまり、原子 1 mol は、原子 6.02×10^{26} 個の集まりとなる（このため、原子量も 1000 倍となると考えてもよい）。

3

- ① 本問の基準では、1 mol 中の粒子の数が、現行の数の 10^3 倍となっている。よって、1 mol の水素の質量も 10^3 倍となる。
- ② ①と同様に考えると、酸素 8.0g の物質量は、現行の物質量の 10^{-3} 倍となる。
- ③ H_2 , O_2 いずれも 1 mol の分子数は現行の 10^3 倍となるが、反応する物質量の比は変化しない（一定である）ため、原子量の基準の変更によって変化することはない。
- ④ 1 mol の基準が変わるだけだから、同条件下での体積に存在する気体分子の個数に変化はない。
- ⑤, ⑥ 1 mol に含まれる分子数が現行の 10^3 倍になるのだから、これらは 10^3 倍となる。

問2 アボガドロ定数を求める1つの方法として、ステアリン酸 ($C_{17}H_{35}COOH$) の単分子膜法が知られている。

(1)

ア ステアリン酸1分子の占める面積が $B[\text{cm}^2]$ であり、これが n [分子] 集まって $S[\text{cm}^2]$ の膜をつくっているので

$$n \times B = S \quad \therefore n = \frac{S}{B}$$

イ 質量 $W[\text{g}]$ のステアリン酸 (分子量 M) の物質量は $\frac{W}{M}[\text{mol}]$ である。よって、アボガドロ定数を $A[/math>mol] とすると、その中に含まれる分子数 n は$

$$n = \frac{W}{M} \times A$$

ウ アとイで求めた式より

$$\frac{S}{B} = \frac{W}{M} \times A \quad \therefore A = \frac{MS}{BW}$$

(2) 実験の条件から、 $W[\text{g}]$ に相当する質量 (= 水面に落としたベンゼン溶液 0.100cm^3 中のステアリン酸の質量) を求めると

$$W = 0.0424 \times \frac{0.100}{500} = 8.48 \times 10^{-6}[\text{g}]$$

また、 $S = 40.0[\text{cm}^2]$ 、 $B = 22.6 \times 10^{-16}[\text{cm}^2]$ 、 $M = 284$ より

$$A = \frac{284 \times 40.0}{(22.6 \times 10^{-16}) \times (8.48 \times 10^{-6})} = 5.927 \times 10^{23}[\text{mol}]$$

(3) 単分子膜の厚さ (= ステアリン酸分子の長さ) を $x[\text{cm}]$ とすると、この単分子膜の体積は、 $(40.0 \times x)[\text{cm}^3]$ となる。よって

$$(\text{密度}[\text{g}/\text{cm}^3]) = \frac{(\text{質量}[\text{g}])}{(\text{体積}[\text{cm}^3])} = \frac{8.48 \times 10^{-6}}{40.0x} = 0.848$$

$$\therefore x = 2.50 \times 10^{-7}[\text{cm}]$$

2章 化学反応式・物質の量的関係

問題

■ 演習

【1】

解答

- (1) ① $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
② $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$
③ $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$
④ $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$
⑤ $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- (2) (a) $2\text{Na} + 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa} + \text{H}_2$
(b) $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$
(c) $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
(d) $2\text{Cu}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$
(e) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$

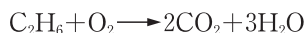
解説

(1)

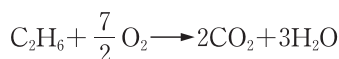
- ① 反応物と生成物を両辺に示すと次のようになる。



まず、 C_2H_6 の係数を 1 と決める。これより、右辺の CO_2 の係数が 2、 H_2O の係数が 3 となる。



次に、左辺の酸素の係数を決める。右辺の酸素原子数は 7 なので



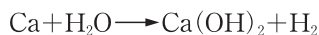
となる。化学反応式の係数は、最も小さな整数比で表すので、全体を 2 倍し答を得る。

- ② 反応物と生成物を両辺に示すと次のようになる。

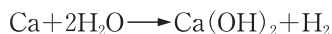


両辺の各元素の原子数が合っているので、これで化学反応式は完成である。

- ③ 反応物と生成物を両辺に示すと次のようになる。

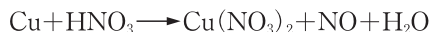


まず、 Ca の係数を 1 と決める。これより、右辺の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の係数が 1 となる。右辺の酸素原子数が 2 となるので、左辺の H_2O の係数を 2 とする。

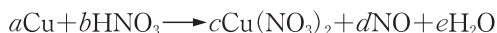


両辺の水素原子の数が合っているので、これで化学反応式は完成である。

- ④ 反応物と生成物を両辺に示すと次のようになる。



元素数が多いので、ここでは未定係数法を用いてみよう。



$$\text{Cu 原子} \quad a = c$$

$$\text{H 原子} \quad b = 2e$$

$$\text{N 原子} \quad b = 2c + d \quad d = b - 2a$$

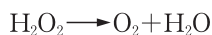
$$\text{O 原子} \quad 3b = 6c + d + e \quad 3b = 6a + b - 2a + \frac{b}{2} \quad \therefore b = \frac{8}{3}a$$

これより、 $e = \frac{4}{3}a$ 、 $d = \frac{2}{3}a$ となる。したがって、 $a = 1$ とすると

$$a : b : c : d : e = 1 : \frac{8}{3} : 1 : \frac{2}{3} : \frac{4}{3}$$

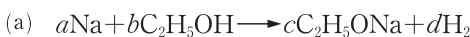
化学反応式の係数は、最も小さな整数比で表すので、全体を3倍し答を得る。

- ⑤ 「触媒」とは、それ自身は反応の前後で変化しないが、化学反応を促進する働きをする物質のことをいう。反応の前後で変化しないため、化学反応式中には登場しない。したがって、反応物と生成物を両辺に示すと次のようになる。



右辺の酸素原子が3と奇数であるので、 H_2O の係数を2とする。次に、両辺で酸素原子と水素原子の数をあわせるために、左辺の H_2O_2 の係数を2として答を得る。

- (2) 未定係数法を用いた解法を示す。



$$\text{Na 原子} \quad a = c$$

$$\text{C 原子} \quad 2b = 2c$$

$$\text{H 原子} \quad 6b = 5c + 2d$$

$$\text{O 原子} \quad b = c \text{ (C 原子と同値式)}$$

$$\therefore a = b = c = 2d$$

$$\therefore a : b : c : d = 2 : 2 : 2 : 1$$

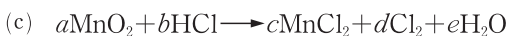


$$\text{H 原子} \quad 2a = 2c \quad \therefore a = c$$

$$\text{S 原子} \quad a + b = d$$

$$\text{O 原子} \quad 2b = c \quad \therefore b = \frac{a}{2} \text{ より, } d = \frac{3a}{2}$$

$$\therefore a : b : c : d = 2 : 1 : 2 : 3$$



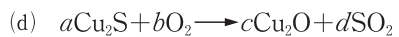
$$\text{Mn 原子} \quad a = c$$

$$\text{O 原子} \quad 2a = e$$

$$\text{H 原子} \quad b = 2e \quad \therefore b = 4a$$

$$\text{Cl 原子} \quad b = 2c + 2d \quad \therefore d = a$$

$$\therefore a : b : c : d : e = 1 : 4 : 1 : 1 : 2$$



$$\text{Cu 原子 } 2a = 2c \quad \therefore a = c$$

$$\text{S 原子 } a = d$$

$$\text{O 原子 } 2b = c + 2d \quad \therefore b = \frac{3a}{2}$$

$$\therefore a : b : c : d = 2 : 3 : 2 : 2$$



$$\text{Ca 原子 } a = c$$

$$\text{C 原子 } 2a = 2d \quad \therefore a = d$$

$$\text{H 原子 } 2b = 2c + 2d \quad \therefore b = 2a$$

$$\therefore a : b : c : d = 1 : 2 : 1 : 1$$

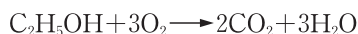
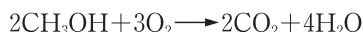
【2】

解答

- (1) メタノールの物質質量： 2.0×10^{-2} mol, エタノールの質量パーセント：85%
- (2) 60.0%
- (3) 64
- (4) L_2O_3

解説

- (1) メタノール CH_3OH , およびエタノール C_2H_5OH が, それぞれ酸素 O_2 と反応して水 H_2O と二酸化炭素 CO_2 になる反応を表す化学反応式は, 次のとおり。



化学反応式の係数の比は, 反応・生成する物質の物質量の比に等しいので, これらの化学反応式より 1 mol の CH_3OH , および 1 mol の C_2H_5OH が燃焼するのに必要な O_2 は, それぞれ $\frac{3}{2}$ mol, および 3 mol とわかる。

ここで, 混合物 4.32g 中のメタノール CH_3OH (分子量 32.0), および C_2H_5OH (分子量 46.0) の物質量をそれぞれ x [mol], y [mol] とすると, 混合物の質量の関係より

$$32.0x + 46.0y = 4.32 \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

が成立する。また, 燃焼に必要なであった酸素の物質量を x, y を用いて表すと

$$(\text{必要な } O_2 \text{ の物質質量}) = \frac{3}{2}x + 3y \text{ [mol]} \quad \dots\dots\dots \text{②}$$

一方, 標準状態 ($0^\circ C, 1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) における気体 1 mol の体積は 22.4L であることより, 燃焼に用いられた O_2 (6.05L) の物質量は $\frac{6.05}{22.4}$ [mol] であるから, ②と合わせて次式が成り立つ。

$$\frac{3}{2}x + 3y = \frac{6.05}{22.4} \quad \dots\dots\dots \text{③}$$

①, ③より

$$x = 2.00 \times 10^{-2} \text{ [mol]}, \quad y = 8.00 \times 10^{-2} \text{ [mol]}$$

これより, エタノール C_2H_5OH の質量は

$$(8.00 \times 10^{-2}) \times 46.0 = 3.68 \text{ [g]}$$

となり, 混合物中の質量パーセントは

$$\frac{3.68}{4.32} \times 100 = 85.18 \text{ [\%]}$$

- (2) 生じた CaO (式量 56.0) 1.12g の物質量は

$$\frac{1.12}{56.0} = 2.00 \times 10^{-2} \text{ [mol]}$$

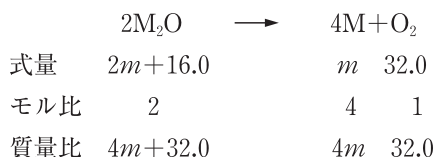
である。はじめの CaCl_2 中の Ca の物質質量と最終的に生じる CaO 中の Ca の物質質量は等しい。すなわち、混合物中の CaCl_2 の物質質量は、得られた CaO 1.12g の物質質量に等しいので、 $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$ である。したがって、混合物 3.70g 中に含まれていた CaCl_2 (式量 111.0) の質量は

$$111.0 \times (2.00 \times 10^{-2}) = 2.22 [\text{g}]$$

したがって混合物中の CaCl_2 の割合は

$$\frac{2.22}{3.70} \times 100 = 60.0 [\%]$$

(3) M_2O の還元により M を得る化学反応式は M の原子量を m とすると

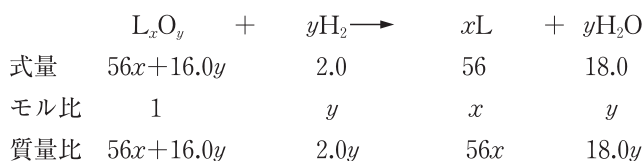


したがって

$$4m + 32.0 : 4m = 3.6 : 3.2$$

$$\therefore m = 64$$

(4) L の酸化物の組成式を L_xO_y とすると、 H_2 との化学反応式は



したがって

$$56x + 16.0y : 18.0y = 64.0 : 21.6$$

$$\frac{x}{y} = \frac{2}{3} \quad \therefore x : y = 2 : 3$$

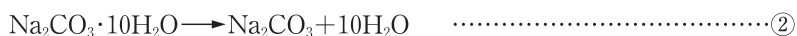
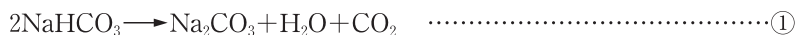
【3】

解答

- (1) A：塩化カルシウム，B：ソーダ石灰
 (2) オ

解説

- (1) ソーダ石灰管→塩化カルシウム管の順にすると，ソーダ石灰管でH₂OとCO₂の両方を吸収してしまうので，塩化カルシウム管にはH₂OもCO₂も送られず，別々に吸収することができない。逆に，塩化カルシウム管→ソーダ石灰管の順にすると，塩化カルシウム管ではH₂Oのみを吸収し，CO₂は次のソーダ石灰管にまで送られてそこで吸収されるので，H₂OとCO₂を別々に吸収することができる。
- (2) 化学反応式の係数の比は，反応・生成する物質の物質量の比に等しいので，与式①，②より，NaHCO₃が2mol反応するとH₂OとCO₂が1molずつ生じ，Na₂CO₃・10H₂Oが1mol反応するとH₂Oが10mol生じることがわかる。



いま，混合物中のNaHCO₃を x [mol]，Na₂CO₃・10H₂Oを y [mol]とすると，生成するH₂O，CO₂の物質量は，それぞれ次のようになる。

$$\text{H}_2\text{O} \cdots \frac{1}{2}x + 10y [\text{mol}], \quad \text{CO}_2 \cdots \frac{1}{2}x [\text{mol}]$$

(1)の解説で示したように，吸尿管AではH₂O（分子量18.0）が吸収されているので，質量の増加が360mgであることより，吸収されたH₂O（＝①，②式で生じたH₂O）の物質量について次式が成り立つ。

$$\frac{1}{2}x + 10y = \frac{360 \times 10^{-3}}{18.0} \quad \text{③}$$

同様に，吸尿管BではCO₂（分子量44.0）が吸収されているので，その物質量について

$$\frac{1}{2}x = \frac{440 \times 10^{-3}}{44.0} \quad \therefore x = 2.00 \times 10^{-2} [\text{mol}]$$

これと③式より

$$y = 1.00 \times 10^{-3} [\text{mol}]$$

$$\therefore x : y = 2.0 \times 10^{-2} : 1.0 \times 10^{-3} = \underline{20 : 1} \text{ (オ)}$$

添削課題

解答

- (1) $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
 (2) エタンの物質量：0.25mol, 水素原子数： 9.0×10^{23}
 (3) 残った気体：酸素, 質量：4.0g
 (4) 11L
 (5) 14g

解説

- (1) エタンの完全燃焼の反応式は以下のように表される。



- (2) 分子量 30.0 より, エタンの物質量は $\frac{7.5}{30.0} = 0.25$ [mol] である。エタン 1 分子には 6 個の水素原子が含まれているので, 水素原子の物質量は $0.25 \times 6 = 1.5$ [mol] である。粒子 1 mol の集団に含まれる数がアボガドロ数であることから, 水素原子の数は $6.0 \times 10^{23} \times 1.5 = 9.0 \times 10^{23}$ と求められる。

- (3) 標準状態における気体 1 mol の体積は 22.4L であることから, はじめにあった酸素の物質量は $\frac{22.4}{22.4} = 1.0$ [mol] である。

	$2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$				
反応前	0.25	1.0	0	0	[mol]
反応量	-0.25	-0.875	+0.50	+0.75	[mol]
反応後	0	0.125	0.50	0.75	[mol]

これより, 反応せずに残った気体は酸素 0.125mol であるとわかる。その質量は $32.0 \times 0.125 = 4.0$ [g]

- (4) 生成した二酸化炭素は, (3) より, 0.50mol である。したがって, その体積は標準状態で

$$22.4 \times 0.50 = 11.2$$
 [L]

となる。

- (5) 生成した水は 0.75mol であることより, その質量は $18 \times 0.75 = 13.5$ [g]

3章 溶液の濃度

問題

■ 演習

【1】

解答

問1 a：溶解， b：溶質， c：溶媒， d：溶液， e：電解質， f：非電解質

- 問2 (1) 26%
(2) 6.0mol/kg
(3) 5.3mol/L
- 問3 (1) 2.3mol/L
(2) 85mL

解説

問2

$$(1) \text{ 質量パーセント濃度} = \frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} \times 100 = \frac{35}{35+100} \times 100 = 25.9[\%]$$

$$(2) \text{ 質量モル濃度} = \frac{\text{溶質の物質質量}[\text{mol}]}{\text{溶媒の質量}[\text{kg}]} = \frac{\frac{35}{58.5}}{100 \times 10^{-3}} = 5.98[\text{mol/kg}]$$

$$(3) \text{ モル濃度} = \frac{\text{溶質の物質質量}[\text{mol}]}{\text{溶液の体積}[\text{L}]}$$

である。この水溶液は質量が135g、密度が1.20

g/mLなので、その体積は

$$\text{体積} = \frac{\text{質量}}{\text{密度}} = \frac{135}{1.20}[\text{mL}]$$

よって

$$\text{モル濃度} = \frac{\frac{35}{58.5}}{\frac{135}{1.20} \times 10^{-3}} = 5.31[\text{mol/L}]$$

問3 水80.0gにアンモニアNH₃を吸収させて得られたアンモニア水は、密度が0.980g/mL、質量パーセント濃度が4.00%である。

水80.0gに吸収されたアンモニアをy[g]とすると、質量パーセント濃度について次式が成り立つ。

$$\frac{y}{80.0+y} \times 100 = 4.00[\%] \quad \therefore y = 3.33[\text{g}]$$

よって、生じたNH₃水の質量は、80.0+3.33=83.33[g]である。体積 = $\frac{\text{質量}}{\text{密度}}$ より、求めるNH₃水の体積は

$$\frac{83.33}{0.980} = 85.03[\text{mL}]$$

NH₃の分子量 = 17, および上記の結果より, アンモニア水のモル濃度は

$$\frac{3.33}{17} \times \frac{1000}{85.0} = 2.30[\text{mol/L}]$$

【2】

解答

問1 NaCl : 3.6g H₂O : 76.4g

問2 (1) 5.0g

(2) CuSO₄ · 5H₂O : 4.9g, 水 : 195.1g

(3) 食塩 : 10.0g, 水 : 190.0g

(4) A : (ア), B : (イ), C : (イ)

解説

問1 質量%濃度で3.0%の塩化ナトリウム水溶液120.0gに含まれるNaClと水の質量はそれぞれ

$$\text{NaCl} : 120.0 \times \frac{3.0}{100} = 3.6[\text{g}]$$

$$\text{H}_2\text{O} : 120.0 - 3.6 = 116.4[\text{g}]$$

質量%濃度で3.6%の塩化ナトリウム水溶液200.0gに含まれるNaClと水の質量はそれぞれ

$$\text{NaCl} : 200.0 \times \frac{3.6}{100} = 7.2[\text{g}]$$

$$\text{H}_2\text{O} : 200.0 - 7.2 = 192.8[\text{g}]$$

したがって、加えるべき塩化ナトリウムと水の質量は

$$\text{NaCl} : 7.2 - 3.6 = 3.6[\text{g}]$$

$$\text{H}_2\text{O} : 192.8 - 116.4 = 76.4[\text{g}]$$

問2 CuSO₄ · 5H₂Oの式量は160 + 18.0 × 5 = 250である。

(1) 0.10mol/LのCuSO₄水溶液を200.0mLつくるのに必要なCuSO₄ · 5H₂Oの物質量は、水溶液中のCuSO₄の物質量に等しい。したがって

$$250 \times 0.10 \times \frac{200.0}{1000} = 5.0[\text{g}]$$

モル濃度で示される溶液を調製するのであるから、結晶に水を加えて、水溶液の体積を200.0mLとする（この結晶中に含まれる水和水は、水を加えた際に溶媒の水となる）。

(2) 0.10mol/kgのCuSO₄水溶液を200.0gつくるのに必要なCuSO₄ · 5H₂Oの質量をx[g]

とする。x[g]中のCuSO₄の物質量は $\frac{x}{250}$ [mol]である。ここで、水和水に含まれる水和水も、溶媒の水として考える必要があるから、溶媒の水の総量は水溶液の質量から、無水物の質量を引いたものとなる。

$$200.0 - x \times \frac{160}{250} [\text{g}]$$

質量モル濃度の定義より

$$\frac{\frac{x}{250}}{\left(200.0 - x \times \frac{160}{250}\right) \times \frac{1}{1000}} = 0.10$$

$$\therefore x = 4.92[\text{g}]$$

したがって、必要な水の質量は

$$200.0 - 4.92 = 195.08[\text{g}]$$

(3) 質量%濃度5%の食塩水に含まれるNaClと水の質量は

$$\text{NaCl} : 200.0 \times \frac{5}{100} = 10.0[\text{g}]$$

$$\text{H}_2\text{O} : 200.0 - 10.0 = 190.0[\text{g}]$$

(4) 温度が上昇すると一般に液体の密度は小さくなり、体積は増加する。したがって、体積に関わる濃度である「モル濃度」は、溶質の物質量が変わらずに、体積が大きくなることから、濃度が小さくなる。質量モル濃度と質量%濃度は、物質質量および質量で表された濃度であるので、濃度は変化しない。

【3】**解答**

- (1) 7.14mol/L
- (2) 1.40×10^2 mL
- (3) 52.3mL
- (4) 48.8mL

解説

- (1) A液 1000mL に含まれる H_2SO_4 の質量は

$$1.40 \times 1000 \times \frac{50.0}{100} = 700[\text{g}]$$

その物質量は

$$\frac{700}{98.0} = 7.142[\text{mol}]$$

1000mL = 1 L について考えたので、モル濃度は 7.142mol/L である。

- (2) 必要な A 液の量を x [mL] とすると H_2SO_4 の物質量について次の式が成り立つ。

$$2.00 \times \frac{500}{1000} = 7.142 \times \frac{x}{1000}$$

$$\therefore x = 140.0[\text{mL}]$$

- (3) 必要な A 液の量を y [mL] とすると H_2SO_4 の質量について次の式が成り立つ。

$$1.22 \times 100 \times \frac{30.0}{100} \times \frac{1}{98.0} = 7.142 \times \frac{y}{1000}$$

$$\therefore y = 52.28[\text{mL}]$$

- (4) 溶液の混合において、溶液の体積は、必ずしも混合前の溶液の体積の和が混合後も保たれるとは限らない（水とエタノールを混合した場合、水とエタノールとの間にできる水素結合の影響により、混合前の体積の和よりも混合後の体積は小さくなるなど）。したがって、ここでは質量を用いて計算する。必要な水の量を z [mL] とすると、混合前後で質量は保たれるので

$$1.40 \times 52.28 + 1.00 \times z = 1.22 \times 100$$

$$\therefore z = 48.80[\text{mL}]$$



会員番号	
------	--

氏名	
----	--