

# 第2編 物質の変化

## 1章 物質と化学反応式

### 1. 原子量・分子量・式量と物質量

**1原子量** 炭素原子 $^{12}\text{C}$ の質量を正確に12と定め、これを基準として各原子の質量を相対的に表した数値。単位なしの無名数。  
 $^{12}\text{C}$ が基準であることに注意する。 $^1\text{H}$ や $^{16}\text{O}$ が基準ではない！

$$\text{原子の相対質量} = 12 \times \frac{\text{原子1個の質量}}{^{12}\text{C原子1個の質量}}$$

同位体が存在する元素の原子量

$^{12}\text{C} = 12$ を基準とした各同位体の相対質量と、その存在比から平均して求める。

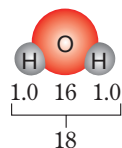
$$[\text{例}] \text{炭素の原子量} = 12.00 \times \frac{98.94}{100} + 13.00 \times \frac{1.06}{100} = 12.01$$

原子	相対質量	存在比[%]
$^{12}\text{C}$	12.00	98.94
$^{13}\text{C}$	13.00	1.06

**2分子量** 分子を構成している原子の原子量の総和。単位なしの無名数。

$$[\text{例}] \text{H}_2\text{O} = 1.0 \times 2 + 16 = 18$$

**3式量** イオンの化学式や組成式を構成している原子の原子量の総和。単位なしの無名数。  
 $[\text{例}] \text{CO}_3^{2-} = 12 + 16 \times 3 = 60$   $\text{NaCl} = 23 + 35.5 = 58.5$



**4アボガドロ数と物質量** 物質1molあたりの粒子数 $6.02 \times 10^{23}$ をアボガドロ数という。 $6.02 \times 10^{23}$ 個の粒子(原子・分子・イオンなど)の集団を1モル(mol)といい、このように、粒子の個数に着目して表した物質の量を物質量という。物質量はモル(mol)という単位で表す。

・アボガドロ定数 1molあたりの粒子数 $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、通常 $N_A$ で表す。

**51molとは**

・1molの個数

→粒子(原子・分子・イオンなど)が $6.02 \times 10^{23}$ 個

・1molの質量をモル質量(g/mol)という。

原子量・分子量・式量の数値にg/molを付けて表される。→[原子量・分子量・式量]g/mol

・1molの気体の体積をモル体積(L/mol)という。

→ $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5\text{Pa}$ (標準状態)で22.4 L/mol(気体の種類によらない)

[物質量n[mol]の求め方3パターン]

①分子量(原子量・式量)Mの物質w[g]

$$\text{物質量 } n[\text{mol}] \rightleftharpoons \frac{w}{M} \rightleftharpoons \frac{v}{22.4} \rightleftharpoons \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$$

$$\text{モル質量は } M[\text{g/mol}] \text{ なので } n[\text{mol}] = \frac{\text{質量}[\text{g}]}{\text{モル質量}[\text{g/mol}]} = \frac{w}{M}$$

②標準状態の気体v[L]

$$n[\text{mol}] = \frac{v[\text{L}]}{22.4 \text{ L/mol}}$$

③粒子(原子・分子・イオンなど)がN[個]

$$n[\text{mol}] = \frac{N}{6.02 \times 10^{23} / \text{mol}}$$

**6混合気体の平均分子量(見かけの分子量)** 成分気体の分子量と混合比から求める。

[例]空気(物質量の比 $\text{N}_2 : \text{O}_2 = 4 : 1$ )の平均分子量

$$28 \times \frac{4}{4+1} + 32 \times \frac{1}{4+1} = 28.8 \approx 29$$

$\text{N}_2$ の分子量  $\text{O}_2$ の分子量 空気の平均分子量

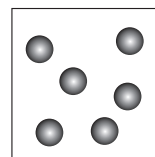
また、混合気体1molも体積は $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5\text{Pa}$ (標準状態)で22.4L。

**空気の平均分子量**  
 空気の平均分子量の算出方法を理解しておこう。実際の空気中にはアルゴンなども存在し、これらを考慮すると、空気の平均分子量は29となる。この値は「空気を吹く(29)」と覚えておくとよい。

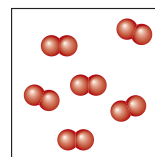
**7気体の密度[g/L]** 1Lあたりの質量で  $\frac{\text{気体の質量}[\text{g}]}{\text{気体の体積}[\text{L}]}$ 、標準状態では  $\frac{\text{モル質量 } M[\text{g/mol}]}{22.4 \text{ L/mol}}$ 。

### 2. アボガドロの法則(分子説)

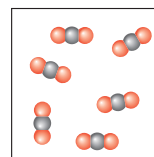
気体の種類に関係なく、同温・同圧下で、同体積の気体は同数の分子を含む。(分子の存在を提唱)



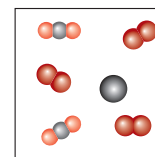
単原子分子(Ne)



二原子分子(N<sub>2</sub>)



三原子分子(CO<sub>2</sub>)



混合気体

どんな気体も  
 $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5\text{Pa}$   
 (標準状態)で22.4 L  
 (1mol)中に  
 $6.02 \times 10^{23}$ 個の分子を  
 含む。

### 3. 溶液の濃度

溶質：溶媒中に溶けている物質(固体・液体・気体の場合がある)

溶媒：溶質を溶かしている液体

溶液：溶媒中に溶質が溶け込んだ混合物(溶媒が水の場合は水溶液という)

溶質 溶媒  
 ↓  
 溶液

**1質量パーセント濃度[%]** 溶液中の溶質の質量の割合をパーセント[%]で表した濃度。

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

**2モル濃度[mol/L]** 溶液1L中の溶質の量を物質量[mol]で表した濃度。

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

#### 重要POINT 濃度の重要式

**[重要式1]**  $c$ [mol/L]の溶液 $v$ [mL]中の溶質の物質量は  $\frac{cv}{1000}$  [mol]

【解説】  $c$ [mol/L]とは溶液1000mL中に溶質が $c$ [mol]あるということなので、 $v$ [mL]中の溶質の物質量 $x$ [mol]については、 $c : 1000 = x : v$ が成り立つ。

**[重要式2]** 密度 $d$ [g/mL]、質量パーセント濃度 $a$ [%]、モル質量 $M$ [g/mol](分子量 $M$ )、モル濃度 $c$ [mol/L]の関係

$$\text{モル濃度 } c[\text{mol/L}] = \frac{1000 \times d \times \frac{a}{100}}{M}$$

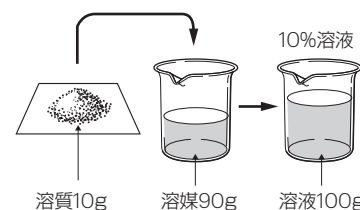
【解説】 モル濃度は溶液1L中の溶質の物質量。溶液1L(1000mL)は $1000 \times d$ [g]、

この中の溶質の質量は  $1000 \times d \times \frac{a}{100}$  [g]、物質量は  $\frac{1000 \times d \times \frac{a}{100}}{M}$  [mol]

**3質量パーセント濃度溶液とモル濃度溶液の調製**

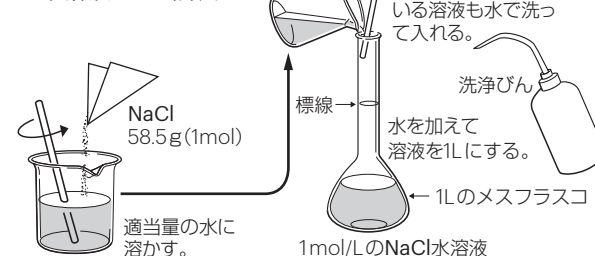
**①質量パーセント濃度溶液**

[例]10%溶液の調製



**②モル濃度溶液**

[例]1mol/Lの塩化ナトリウム水溶液1Lの調製



(もちろん、これは誤りである。正しくは「水素は分子 $\text{H}_2$ 、酸素は分子 $\text{O}_2$ からできている」)

### 5 気体反応の法則(ゲーリュサック)

気体間の反応においては、各気体の体積は簡単な整数比となる。

〔例〕  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_3$  では、体積比が  $\text{N}_2 : \text{H}_2 : \text{NH}_3 = 1 : 3 : 2$  となる。

### 6 アボガドロの法則(分子説)(アボガドロ)

気体はいくつかの原子が結合した分子からなる。(分子説)

気体の種類に関係なく、同温・同圧下で、同体積の気体は同数の分子を含む。

〔例〕  $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ (標準状態)で、 $22.4 \text{L}$ ( $1 \text{mol}$ )の気体は、気体の種類に関係なく、 $6.02 \times 10^{23}$  個の分子を含んでいる。

「定比例の法則」は「一定組成の法則」，「倍数比例の法則」は「倍数組成の法則」，「気体反応の法則」は「反応体積比の法則」とそれぞれ呼ぶことが提案されている。

## Step1 確認問題

原子量は、 $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{C} = 12$ 、 $\text{N} = 14$ 、 $\text{O} = 16$ 、 $\text{Na} = 23$ 、 $\text{Al} = 27$ 、 $\text{S} = 32$ 、 $\text{Cl} = 35.5$ 、アボガドロ定数  $= 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$  として計算せよ。なお、標準状態とは  $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$  の状態をいう。

76 現在の原子量は何の質量を基準としたものか。

答 12C

77 次の各物質の分子量または式量を計算せよ。

- (1) 塩素  $\text{Cl}_2$  (2) 二酸化炭素  $\text{CO}_2$   
(3) 塩化ナトリウム  $\text{NaCl}$  (4) 酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$   
(5) アンモニウムイオン  $\text{NH}_4^+$  (6) 硝酸イオン  $\text{NO}_3^-$   
(7) メタノール  $\text{CH}_3\text{OH}$   
(8) 炭酸ナトリウム十水和物  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

◀ 構成原子の原子量の総和を求める。

◀ 電子の質量は無視できる。

- 答 (1) 71.0 (2) 44 (3) 58.5  
(4) 102 (5) 18 (6) 62  
(7) 32  
(8) 286

78 次の各問いに答えよ。

- (1) 物質  $1 \text{mol}$  あたりの質量及び体積をそれぞれ何というか。単位をつけて答えよ。  
(2) 原子量や分子量に単位  $\text{g}$  を付けた質量中には、すべて同数の原子や分子が含まれる。この数を何というか。またこの数を記せ。

答 (1) モル質量 [ $\text{g/mol}$ ]、モル体積 [ $\text{L/mol}$ ]

(2) アボガドロ数、 $6.02 \times 10^{23}$  個

79 次の各問いに答えよ。

- (1) 次の物質のモル質量を求めよ。  
(ア) ナトリウム  $\text{Na}$  (イ) 水  $\text{H}_2\text{O}$  (ウ) 硫酸イオン  $\text{SO}_4^{2-}$   
(2) 次の各物質の標準状態におけるモル体積を求めよ。  
(ア) 窒素  $\text{N}_2$  (イ) アンモニア  $\text{NH}_3$

答 (1) (ア) 23 g/mol  
(イ) 18 g/mol  
(ウ) 96 g/mol  
(2) (ア) 22.4 L/mol  
(イ) 22.4 L/mol

80 二酸化炭素  $\text{CO}_2$   $0.25 \text{mol}$  について、次の各問いに答えよ。

- (1) これは何  $\text{g}$  か。 (2) これは標準状態で何  $\text{L}$  か。  
(3) この中の  $\text{CO}_2$  分子は何個か。 (4) この中の  $\text{O}$  原子は何個か。

分子量  $\text{CO}_2 = 44$

答 (1) 11 g (2) 5.6 L  
(3)  $1.5 \times 10^{23}$  個  
(4)  $3.0 \times 10^{23}$  個

81 物質が完全燃焼するときの反応式(1)～(3)を、それぞれ①～④の順で係数を考えて完成させよ。

- (1) ①  $\text{C}_4\text{H}_8 + ④ \text{O}_2 \longrightarrow ② \text{CO}_2 + ③ \text{H}_2\text{O}$   
(2) ①  $\text{C}_2\text{H}_6 + ④ \text{O}_2 \longrightarrow ② \text{CO}_2 + ③ \text{H}_2\text{O}$   
(3) ①  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + ④ \text{O}_2 \longrightarrow ② \text{CO}_2 + ③ \text{H}_2\text{O}$

◀ まず、①の係数を1とする。

答 (1)  $\text{C}_4\text{H}_8 + 6\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$   
(2)  $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$   
(3)  $2\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + 9\text{O}_2 \longrightarrow 6\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

82 次の化学反応式の各係数□を求め、式を完成させよ。係数1も入れること。

- (1)  $\square \text{N}_2 + \square \text{H}_2 \longrightarrow \square \text{NH}_3$   
(2)  $\square \text{CH}_4 + \square \text{O}_2 \longrightarrow \square \text{CO}_2 + \square \text{H}_2\text{O}$

◀ (3)(4)左辺と右辺で電荷も等しくする。

答 (1) 1, 3, 2  
(2) 1, 2, 1, 2

原子量は、H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, Mg = 24, Al = 27, S = 32, Cl = 35.5, Ca = 40, Cu = 64, また、アボガドロ定数 =  $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$  として、計算せよ。なお、標準状態とは  $0^\circ\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  の状態をいう。

### 1 [分子量・式量] 次の各物質の分子量または式量を計算せよ。

- (1) 酸素  $\text{O}_2$       (2) 塩化水素  $\text{HCl}$       (3) メタン  $\text{CH}_4$   
 (4) 水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$     (5) 炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$   
 (6) 硫酸アルミニウム  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$     (7) 塩化物イオン  $\text{Cl}^-$   
 (8) 硫酸イオン  $\text{SO}_4^{2-}$       (9) 酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
 (10) 硫酸銅(Ⅱ)五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

### 2 [物質質量と粒子数の関係] 次の各問いに答えよ。

- (1) 炭素原子 C 0.20 mol とは、何個の原子か。  
 (2) ヘリウム原子 He 0.40 mol は、原子何個のことか。  
 (3) オゾン分子  $\text{O}_3$  0.50 mol 中には、何個の酸素原子が含まれるか。  
 (4) アンモニア分子  $\text{NH}_3$  0.15 mol 中には、何個の水素原子があるか。  
 (5) 塩化カルシウム  $\text{CaCl}_2$  0.20 mol 中には、全部で何個のイオンが含まれるか。

### 3 [粒子数と物質質量の関係] 次の各問いに答えよ。

- (1) 炭素原子 C  $6.0 \times 10^{22}$  個は、何 mol か。  
 (2)  $1.8 \times 10^{23}$  個の水素分子  $\text{H}_2$  の物質質量を求めよ。  
 (3) ナトリウムイオン  $\text{Na}^+$   $2.4 \times 10^{24}$  個の物質質量はいくらか。  
 (4) 窒素原子 N  $3.0 \times 10^{23}$  個で、何 mol の窒素分子  $\text{N}_2$  ができるか。  
 (5) 酸素原子 O  $3.6 \times 10^{23}$  個で、何 mol のオゾン分子  $\text{O}_3$  ができるか。

### 4 [質量と物質質量の関係] 次の各問いに答えよ。

- (1) アルミニウム Al 5.4 g は、何 mol か。  
 (2) マグネシウム Mg 42 g の物質質量を求めよ。  
 (3) メタン  $\text{CH}_4$  64 g の物質質量を求めよ。  
 (4) 炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  30 g は、何 mol か。  
 (5) 硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$  49 g の物質質量はいくらか。

◀ 分子量・式量 = 分子式または組成式、イオンの化学式に含まれる原子の原子量の総和

◀ 電子の質量は、陽子や中性子に比べて非常に軽いので、無視できる。

答 (1) 32 (2) 36.5 (3) 16 (4) 74  
 (5) 106 (6) 342 (7) 35.5  
 (8) 96 (9) 60 (10) 250

◀  $N = (6.0 \times 10^{23}) \times n [\text{個}]$

分子式・組成式中の原子の数を考える。

答 (1)  $1.2 \times 10^{23}$  個  
 (2)  $2.4 \times 10^{23}$  個  
 (3)  $9.0 \times 10^{23}$  個  
 (4)  $2.7 \times 10^{23}$  個  
 (5)  $3.6 \times 10^{23}$  個

◀  $n = \frac{N}{6.0 \times 10^{23}} [\text{mol}]$

答 (1) 0.10 mol  
 (2) 0.30 mol  
 (3) 4.0 mol  
 (4) 0.25 mol  
 (5) 0.20 mol

◀  $n = \frac{w}{M} [\text{mol}]$

答 (1) 0.20 mol  
 (2) 1.8 mol  
 (3) 4.0 mol  
 (4) 0.30 mol  
 (5) 0.50 mol

### 5 [物質質量と質量の関係] 次の各問いに答えよ。

- (1) 炭素 C 2.5 mol は、何 g か。  
 (2) 二酸化炭素  $\text{CO}_2$  0.15 mol は、何 g か。  
 (3) 硝酸  $\text{HNO}_3$  1.3 mol は、何 g か。  
 (4) 酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0.10 mol は、何 g か。  
 (5) 塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  2.0 mol は、何 g か。

### 6 [粒子数と質量の関係] 次の各問いに答えよ。

- (1) 炭素原子 C  $1.2 \times 10^{23}$  個は、何 g か。  
 (2) ナトリウム原子 Na  $4.0 \times 10^{23}$  個は、何 g か。  
 (3) 酸素分子  $\text{O}_2$   $1.5 \times 10^{23}$  個は、何 g か。  
 (4) マグネシウムイオン  $\text{Mg}^{2+}$   $1.8 \times 10^{24}$  個は、何 g か。  
 (5) 硫酸イオン  $\text{SO}_4^{2-}$   $3.0 \times 10^{23}$  個は、何 g か。

### 7 [質量と粒子数の関係] 次の各問いに答えよ。

- (1) カルシウム Ca 30 g には、何個の Ca 原子が含まれるか。  
 (2) 塩素  $\text{Cl}_2$  7.1 g には、何個の塩素分子が含まれるか。  
 (3) アンモニア  $\text{NH}_3$  34 g には、何個の窒素原子が含まれるか。  
 (4) 硫酸銅(Ⅱ)  $\text{CuSO}_4$  64 g には、何個の酸素原子が含まれるか。  
 (5) 塩化カルシウム  $\text{CaCl}_2$  1.11 g には、何個の陰イオンが含まれるか。

### 8 [物質質量と体積の関係] 次の各問いに答えよ。

- (1) 水素  $\text{H}_2$  2.00 mol は、標準状態で何 L の体積となるか。  
 (2) 二酸化窒素  $\text{NO}_2$  0.20 mol は、標準状態で何 L の体積となるか。  
 (3) メタン  $\text{CH}_4$  1.50 mol は、標準状態で何 L の体積となるか。  
 (4) オゾン  $\text{O}_3$  0.010 mol は、標準状態で何 L の体積となるか。  
 (5) 一酸化炭素 CO 0.0050 mol は、標準状態で何 mL の体積となるか。

### 9 [体積と物質質量の関係] 次の各問いに答えよ。

- (1) 標準状態で 11.2 L の酸素  $\text{O}_2$  の物質質量を求めよ。  
 (2) 標準状態で 5.6 L の一酸化窒素 NO は、何 mol か。  
 (3) 標準状態で 1.12 L のネオン Ne の物質質量はいくらか。  
 (4) 標準状態で  $1.12 \times 10^3 \text{ mL}$  のメタン  $\text{CH}_4$  の物質質量を求めよ。  
 (5) 標準状態で 0.056 L の塩化水素 HCl は、何 mol か。

◀  $w = M \times n [\text{g}]$

答 (1) 30 g  
 (2) 6.6 g  
 (3) 82 g  
 (4) 10 g  
 (5) 71 g

◀  $w = M \times \frac{N}{6.0 \times 10^{23}} [\text{g}]$

答 (1) 2.4 g  
 (2) 15 g  
 (3) 8.0 g  
 (4) 72 g  
 (5) 48 g

◀  $N = 6.0 \times 10^{23} \times \frac{w}{M} [\text{個}]$

答 (1)  $4.5 \times 10^{23}$  個  
 (2)  $6.0 \times 10^{22}$  個  
 (3)  $1.2 \times 10^{24}$  個  
 (4)  $9.6 \times 10^{23}$  個  
 (5)  $1.2 \times 10^{22}$  個

◀  $v = 22.4 \times n [\text{L}]$   
 ◀ 体積を考えると、気体の種類は関係ない。

答 (1) 44.8 L  
 (2) 4.5 L  
 (3) 33.6 L  
 (4) 0.22 L  
 (5)  $1.1 \times 10^2 \text{ mL}$

◀  $n = \frac{v}{22.4} [\text{mol}]$ ,  
 $22.4 \text{ L} = 22400 \text{ mL}$

答 (1) 0.500 mol  
 (2) 0.25 mol  
 (3) 0.0500 mol  
 (4) 0.0500 mol  
 (5)  $2.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$



例題 ① ホウ素の原子量

ホウ素の同位体の存在比は $^{10}\text{B}$ が19.8%， $^{11}\text{B}$ が80.2%である。各同位体の原子の相対質量はその質量数にほぼ等しいとして、ホウ素の原子量を求めよ。

**解説** 相対質量は質量数とほぼ等しいので、 $^{10}\text{B}$ の相対質量は10， $^{11}\text{B}$ の相対質量は11である。

**【一般的解法】** (相対質量×存在比)の和 ← 元素の原子量は同位体の存在比に基づく平均値で表す。

$$10 \times \frac{19.8}{100} + 11 \times \frac{80.2}{100} = 10.802 \div 10.8 \quad \leftarrow \text{これが基本であり、どの書物にもこの解答が記してある。}$$

**【ステップアップ的解法】** 同位体が2種類の場合に威力を発揮！(3種類には使えない)

$$\text{小さい方の相対質量} + (\text{大きい方の相対質量} - \text{小さい方の相対質量}) \times \frac{\text{大きい方の相対質量の}\%}{100}$$

$$10 + (11 - 10) \times \frac{80.2}{100} = 10.802 \div 10.8 \quad \leftarrow \text{はるかに簡単で確実！}$$

**解答** 10.8

**類題** 塩素の同位体 $^{35}\text{Cl}$ と $^{37}\text{Cl}$ の相対質量はそれぞれ34.97と36.97であり、塩素の原子量が35.45である。 $^{37}\text{Cl}$ の存在比は何%か。

**【ステップアップ的解法】** (一般的解法でもやってみよう)  
 $^{37}\text{Cl}$ の存在比を $x$ [%]とすると  $34.97 + (36.97 - 34.97) \times \frac{x}{100} = 35.45 \quad x = 24.00\%$

例題 ② 気体の分子量

次の気体の分子量を求めよ。

- (1)  $0^\circ\text{C}$ ， $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ (標準状態)における密度が2.5 g/Lである気体
- (2) 酸素に対する比重が0.875である気体( $\text{O} = 16$ )

**解説** (1) 密度が2.5 g/Lの気体1 mol (22.4 L)の質量は，  
 $2.5 \times 22.4 = 56 \text{g}$   
 1 molの質量は分子量にgをつけて表すので，分子量は56となる。

標準状態の密度が $d$  (g/L) である気体の分子量 $M$   
 $M = d \times 22.4$

(2) 「酸素に対する比重が0.875の気体」ということは，酸素の分子量を1としたとき，その気体の分子量が0.875であることを示す。気体の分子量を $M$ とすると，

気体Aに対する比重が $d$  (単位なし)の気体の分子量 $M$   
 $M = (\text{Aの分子量}) \times d$

$$32 : M = 1 : 0.875 \quad M = 32 \times 0.875 = 28.0$$

**価値ある補足** 比重について

固体・液体の比重は通常 $4^\circ\text{C}$ の水に対する質量の比で示される。気体には特に基準物質はないが，空気や酸素などが基準に選ばれることが多い。ある気体の基準気体に対する比重は，同温・同圧のもとで同体積をとり，質量の比を出せば求まるが，分子量がわかっているときは，分子量の比からも求められる。

**解答** (1) 56 (2) 28.0

例題 ③ 物質量

次の $a \sim d$ で表される物質量を大きいものから順に並べよ。 $\text{H} = 1.0$ ， $\text{C} = 12$ ，アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

- 8.0 gのメタン $\text{CH}_4$ 中に含まれるH原子の物質量 $a$  [mol]
- $9.0 \times 10^{23}$ 個の塩化物イオン $\text{Cl}^-$ によってできる塩化アルミニウム $\text{AlCl}_3$ の物質量 $b$  [mol]
- $0^\circ\text{C}$ ， $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ (標準状態)で5.6 L中のエチレン $\text{C}_2\text{H}_4$ (気体)中の全原子の物質量 $c$  [mol]
- 0.50 mol/Lのグルコース水溶液2.5 L中のグルコースの物質量 $d$  [mol]

**解説** (ア) メタン $\text{CH}_4$ の分子量は16なので，メタン8.0 gの物質量は $\frac{8.0}{16} = 0.50 \text{mol}$ となる。

$\text{CH}_4$ 分子1個の中に含まれるH原子の数は4個なので， $a = 0.50 \times 4 = 2.0 \text{mol}$ となる。

(イ) 塩化アルミニウムの組成式 $\text{AlCl}_3$ より， $\text{AlCl}_3$  1 molをつくるには $\text{Cl}^-$ が3 mol必要となる。言い換えると，得られる $\text{AlCl}_3$ の物質量は， $\text{Cl}^-$ の物質量の $\frac{1}{3}$ となる。

$\text{A}_n\text{B}_m$  1 mol中に  
 A原子は $n$  [mol]  
 B原子は $m$  [mol]

$9.0 \times 10^{23}$ 個は $\frac{9.0 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}} = 1.5 \text{mol}$ なので， $b = 1.5 \times \frac{1}{3} = 0.50 \text{mol}$ となる。

(ウ) 標準状態で5.6 Lのエチレンの物質量は， $\frac{5.6}{22.4} = 0.25 \text{mol}$ 。また $\text{C}_2\text{H}_4$  1分子中に含まれる原子はCが2個，Hが4個の合わせて6個になるので， $c = 0.25 \times 6 = 1.5 \text{mol}$ となる。

(エ) グルコース水溶液が0.50 mol/Lとは，溶液1 Lあたり0.50 molのグルコースが溶けていることを表しているから，2.5 L中にはその2.5倍のグルコースがあることを意味しているので，  
 $d = 0.50 \times 2.5 = 1.25 \div 1.3 \text{mol}$ となる。

**解答**  $a > c > d > b$

例題 ④ 気体の体積

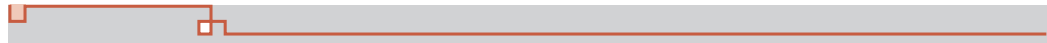
次の(ア)～(エ)の4種類の気体がそれぞれ1.0 gある。 $0^\circ\text{C}$ ， $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ (標準状態)での体積の大きなものから順に並べよ。 $\text{H} = 1.0$ ， $\text{C} = 12$ ， $\text{O} = 16$

- 二酸化炭素
- 酸素
- 水素
- メタン $\text{CH}_4$

**解説** 標準状態での体積 $V$  [L]は $V = 22.4 \times (\text{物質量})$ で表されるので，気体の分子量を $M$ とすると，1.0 gの物質量は， $\frac{1.0}{M}$  [mol]となり， $V = 22.4 \times \frac{1.0}{M}$ となる。すなわち，気体の分子量が小さいほど体積は大きくなる。

それぞれの分子量は，(ア)二酸化炭素 $\text{CO}_2 = 44$ ，(イ)酸素 $\text{O}_2 = 32$ ，(ウ)水素 $\text{H}_2 = 2.0$ ，(エ)メタン $\text{CH}_4 = 16$ となり，体積の大きい順に(ウ)>(エ)>(イ)>(ア)となる。

**解答** (ウ)>(エ)>(イ)>(ア)



91 **【原子量】** 天然の銅は $^{63}\text{Cu}$ と $^{65}\text{Cu}$ の2種類の同位体からなり、その原子量は63.5である。 $^{63}\text{Cu}$ の存在比は何%か。ただし、相対質量を $^{63}\text{Cu} = 62.9$ ,  $^{65}\text{Cu} = 64.9$ とする。

92 **【原子量と物質】** 相対質量35の $^{35}\text{Cl}$ と相対質量37の $^{37}\text{Cl}$ によって算出されるClの原子量が35.5であるとき、284gの塩素 $\text{Cl}_2$ に含まれる、 $^{35}\text{Cl}$ の物質量は理論上いくらか。

93 **【物質】** 次の各問いに答えよ。C = 12, N = 14, O = 16, Ca = 40, アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

- (1) 炭酸カルシウム $\text{CaCO}_3$  300gの物質量は何molか。また、この中に含まれる酸素原子の質量は何gか。
- (2) 炭酸カルシウム50g中に含まれる炭酸イオンの数は何個か。
- (3) 酸素8.0gと窒素7.0gの混合気体の体積は $0^\circ\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ (標準状態)で何Lか。

94 **【気体の分子量】** 次の(1), (2)の気体は、下の(ア)~(オ)のどれに相当するか。H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, S = 32, Ar = 40

- (1)  $0^\circ\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ (標準状態)における気体の密度が $0.76 \text{g/L}$ の気体
- (2) 窒素に対する比重が1.43である気体  
(ア) $\text{CO}_2$  (イ) $\text{O}_2$  (ウ) $\text{SO}_2$  (エ)Ar (オ) $\text{NH}_3$

95 **【空気】** 空気は窒素と酸素とから構成されるとして、次の各問いに答えよ。H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Ne = 20, Cl = 35.5, Ar = 40

- (1) 空気を窒素 $\text{N}_2$ と酸素 $\text{O}_2$ の体積比が4 : 1の混合気体であるとして、空気の平均分子量を小数第1位まで求めよ。
- (2) ①次の(ア)~(カ)の気体の中で、空気より重い気体をすべて記号で選べ。  
②次の(ア)~(カ)の気体の中で、同温・同圧・同体積で空気の0.60倍の質量を示す気体を記号で選べ。  
(ア) $\text{Cl}_2$  (イ) $\text{CH}_4$  (ウ) $\text{H}_2$  (エ) $\text{NO}_2$  (オ) $\text{N}_2$  (カ) $\text{NH}_3$
- (3) 次の(ア)~(カ)の気体の中で、 $0^\circ\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ (標準状態)で、空気より密度の小さい気体をすべて記号で選べ。  
(ア)Ne (イ)Ar (ウ) $\text{N}_2$  (エ) $\text{O}_2$  (オ) $\text{CO}_2$  (カ) $\text{NO}_2$

96 **【化学反応式】** 次の変化を化学反応式で示せ。  
(1) プロパン $\text{C}_3\text{H}_8$ を完全燃焼させる。 (2) エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ を完全燃焼させる。  
(3) 酸化マンガン(IV)と塩酸が反応して、塩化マンガン(II)と水と塩素が生じた。  
(4) 銅と希硝酸が反応して、硝酸銅(II)と水と一酸化窒素が生じた。  
(5) 炭酸カルシウムを塩酸に入れたら、塩化カルシウムと水と二酸化炭素を生じた。

## Step3 重要問題

### 例題 1 硫酸の濃度

密度 $1.3 \text{g/mL}$ の希硫酸の質量パーセント濃度は40%であった。次の各問いに答えよ。

- (1) この希硫酸1.0Lの質量は何gか。
- (2) その中に硫酸 $\text{H}_2\text{SO}_4$ は何g含まれているか。
- (3) この希硫酸の濃度をモル濃度で示せ。H = 1.0, S = 32, O = 16

**解説** (1) 1.0Lは1000mLなので、密度 $1.3 \text{g/mL}$ より $1.3 \times 1000 = 1300 \text{g}$  ← 質量 = 密度 × 体積

(2) 1300g中の40%が $\text{H}_2\text{SO}_4$ の質量なので、 $1300 \times \frac{40}{100} = 520 \text{g}$

(3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ (分子量98)520gの物質量は、 $\frac{520}{98} = 5.30 \cdots \div 5.3 \text{mol}$

この希硫酸1.0L中に $\text{H}_2\text{SO}_4$ は5.3mol含まれているのでモル濃度は $5.3 \text{mol/L}$

(1)~(3)よりp.53 **POINT**「濃度の重要式」の[重要式2]が導かれる。

$$\text{モル濃度}[\text{mol/L}] = \frac{1000 \times d \times \frac{a}{100}}{\text{分子量}(\text{モル質量}[\text{g/mol}])}$$

**解答** (1)  $1.3 \times 10^3 \text{g}$  (2)  $5.2 \times 10^2 \text{g}$  (3)  $5.3 \text{mol/L}$

### 例題 2 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶と溶液の調製

- (1) 硫酸銅(II)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶50g中には無水物 $\text{CuSO}_4$ が何g含まれているか。 $\text{CuSO}_4 = 160$ ,  $\text{H}_2\text{O} = 18$
- (2) 硫酸銅(II)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を水に溶かして、 $0.10 \text{mol/L}$ の硫酸銅(II)の水溶液をつくりたい。次の①~④の文のうち正しい調製の方法はどれか。  
① $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を16g取り、1.0Lの水に溶かす。  
② $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を16g取り、水に溶かして1.0Lとする。  
③ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を25g取り、1.0Lの水に溶かす。  
④ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を25g取り、水に溶かして1.0Lとする。

**解説** (1) 硫酸銅(II)五水和物の式量は、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 160 + 5 \times 18 = 250$ で、無水物

$\text{CuSO}_4$ の質量は結晶の質量の $\frac{160}{250}$ である。よって、50g中には、 $50 \times \frac{160}{250} = 32 \text{g}$

(2) 水和水をもつ結晶を水に溶かすと、水和水は溶媒の一部になるので、モル濃度溶液(mol/L)の調製では、水和水の分も含めて全量を1.0Lにしなければならない。

$n[\text{mol}]$ の $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 中に無水物 $\text{CuSO}_4$ は $n[\text{mol}]$ ある。よって、 $0.10 \text{mol/L}$ 溶液では、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の $0.10 \text{mol}$ (25g)をはかり取り、これに水を加えて全量を1.0Lにすれば、水溶液1.0L中に無水物 $\text{CuSO}_4$ が $0.10 \text{mol}$ 含まれる溶液( $0.10 \text{mol/L}$ )になる。

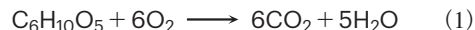
②は $\frac{16}{250} = 0.064 \text{mol/L}$ 溶液である。

**解答** (1) 32g (2) ④

モル濃度(mol/L)溶液の調製  
↓  
「溶質を~g取り、  
水に溶かして~Lとする。」

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \ n[\text{mol}]$ 中に  
—  $\text{CuSO}_4$ は $n[\text{mol}]$   
—  $\text{H}_2\text{O}$ は $5n[\text{mol}]$

180 ジャガイモには炭水化物と水が多く含まれる。ジャガイモに含まれる炭水化物  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$  が完全に燃焼すると、次の式(1)に従って、二酸化炭素  $\text{CO}_2$  と水  $\text{H}_2\text{O}$  が生じる。



ジャガイモ 1.00 g を完全に燃焼させた。このとき発生した  $\text{H}_2\text{O}$  は 0.89 g であった。これは燃焼前のジャガイモに含まれていた  $\text{H}_2\text{O}$  の質量と、式(1)で表される炭水化物の完全燃焼により生じた  $\text{H}_2\text{O}$  の質量の合計である。燃焼前のジャガイモ 1.00 g 中に含まれていた  $\text{H}_2\text{O}$  の質量は何 g か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、ジャガイモには炭水化物と水以外の成分は含まれていないものとする。 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 = 162$ ,  $\text{H}_2\text{O} = 18$  (25 共通テスト改)

- ① 0.25      ② 0.50      ③ 0.75      ④ 0.80      ⑤ 0.89

181 ブドウ糖(グルコース、分子量 180)の質量パーセント濃度 5.0% 水溶液は点滴に用いられている。この水溶液のモル濃度は何 mol/L か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、この水溶液の密度は  $1.0 \text{ g/cm}^3$  とする。 (16 センター本試)

- ① 0.028      ② 0.056      ③ 0.28      ④ 0.56      ⑤ 2.8      ⑥ 5.6

182 1 価の酸の 0.2 mol/L 水溶液 10 mL を、ある塩基の水溶液で中和滴定した。塩基の水溶液の滴下量と pH の関係を図 1 に示す。下の問い(a・b)に答えよ。 (09 センター本試)

a この滴定に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① この 1 価の酸は弱酸である。  
② 滴定に用いた塩基の水溶液の pH は 12 より大きい。  
③ 中和点における水溶液の pH は 7 である。  
④ この滴定に適した指示薬はフェノールフタレインである。  
⑤ この滴定に用いた塩基の水溶液を用いて、0.1 mol/L の硫酸 10 mL を中和滴定すると、中和に要する滴下量は 20 mL である。

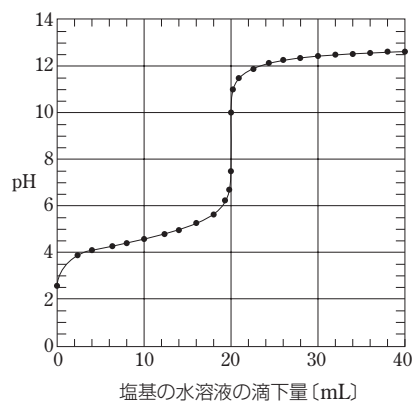


図1

b 滴定に用いた塩基の水溶液として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① 0.05 mol/L のアンモニア水      ② 0.1 mol/L のアンモニア水  
③ 0.2 mol/L のアンモニア水      ④ 0.05 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液  
⑤ 0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液      ⑥ 0.2 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液

183 次の(1)(2)に答えよ。

(1) 2 価の強酸の水溶液 A がある。このうち 5 mL をホールピペットではかり取り、コニカルビーカーに入れた。これに水 30 mL とフェノールフタレイン溶液一滴を加えて、モル濃度  $x \text{ (mol/L)}$  の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ、中和点に達するのに  $y \text{ (mL)}$  を要した。水溶液 A 中の強酸のモル濃度は何 mol/L か。モル濃度を求める式として正しいものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 (23 共通テスト)

- ①  $\frac{xy}{5}$       ②  $\frac{xy}{10}$       ③  $\frac{xy}{35}$       ④  $\frac{xy}{70}$       ⑤  $\frac{xy}{5+y}$       ⑥  $\frac{xy}{35+y}$       ⑦  $\frac{xy}{2(5+y)}$       ⑧  $\frac{xy}{2(35+y)}$

(2) ある量の気体のアンモニアを入れた容器に 0.30 mol/L の硫酸 40 mL を加え、よく振ってアンモニアをすべて吸収させた。反応せずに残った硫酸を 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ、20 mL を要した。はじめのアンモニアの体積は、標準状態で何 L か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 (07 センター本試)

- ① 0.090      ② 0.18      ③ 0.22      ④ 0.36      ⑤ 0.45

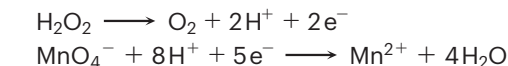
184 次の反応ア～オのうち酸化還元反応はどれか。正しく選択しているものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 (18 センター本試)

- ア  $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$   
イ  $2\text{CO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2$   
ウ  $\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$   
エ  $\text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$   
オ  $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$

- ① ア、ウ      ② イ、エ      ③ イ、オ  
④ ア、ウ、エ      ⑤ ア、ウ、オ      ⑥ イ、エ、オ

185 濃度不明の過酸化水素水 10.0 mL を希硫酸で酸性にし、これに 0.0500 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下した。滴下量が 20.0 mL のときに赤紫色が消えずにわずかに残った。過酸化水素水の濃度として最も適当な数値を、下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、過酸化水素および過マンガン酸イオンの反応は、電子を含む次のイオン反応式で表される。 (15 センター本試※)

※「化学」で出題されたが、「化学基礎」の基本的な内容を扱った問題である。



- ① 0.0250      ② 0.0400      ③ 0.0500      ④ 0.250      ⑤ 0.400      ⑥ 0.500

186 電池に関する次の文章中の「ア」～「ウ」に当てはまる語の組合せとして正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 (16 センター本試)

図 1 のように、導線でつないだ 2 種類の金属(A・B)を電解質の水溶液に浸して電池を作製する。このとき、一般にイオン化傾向の大きな金属は「ア」され、「イ」となって溶け出すので、電池の「ウ」となる。

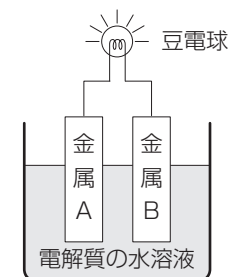


図 1

	ア	イ	ウ
①	還元	陽イオン	正極
②	還元	陽イオン	負極
③	還元	陰イオン	正極
④	還元	陰イオン	負極
⑤	酸化	陽イオン	正極
⑥	酸化	陽イオン	負極
⑦	酸化	陰イオン	正極
⑧	酸化	陰イオン	負極



グラフ問題はこれでバッチリ！

最近大学入学共通テストや個別入試では、グラフを読み取る問題やグラフを描いて解く問題がよく出題されている。実際に出題された問題から解法のテクニックを身に付け、グラフ問題を確実に解答できるようにしよう。

グラフ問題解法のテクニック

- グラフ問題は、「どの点に着目するか」「どのデータを読み取るか」によって解法の糸口を導くことができる。その例として次の①～④が挙げられるが、x軸とy軸の見出し、単位に注目することは大前提である。
- ①x切片やy切片に着目する。
  - ②グラフの傾きに着目する。
  - ③特異点(最大値や最小値、折れ曲がり点など)に着目する。
  - ④x軸、y軸の値を正確に読み取ることができるような読み取りやすい点に着目する。
- なおグラフを自分で作成する場合は、グラフスケールを考えて、縦軸、横軸それぞれに等間隔に目盛りを入れる。

▶チェック問題①◀ グラフを読み取る問題

純物質の気体アとイからなる混合気体について、混合気体中のアの物質量の割合と混合気体のモル質量の関係を図1に示した。0℃、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の条件で密閉容器にアを封入したとき、アの質量は0.64gであった。次に、アとイをある割合で混合し、同じ温度・圧力条件で同じ体積の密閉容器に封入したとき、混合気体の質量は1.36gであった。この混合気体に含まれるアの物質量の割合は何%か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、アとイは反応しないものとする。

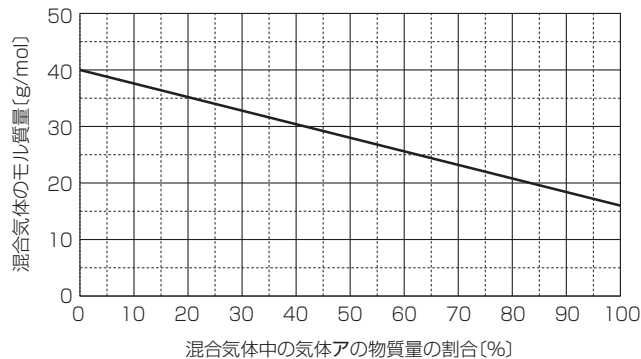


図1 混合気体中の気体Aの物質量の割合と混合気体のモル質量の関係

(24 共通テスト改)

- ① 19      ② 25      ③ 34
- ④ 60      ⑤ 75      ⑥ 88

解答 解説

図1のグラフから、混合気体中の気体Aが0%のとき(つまり気体イ)のモル質量(分子量)は40g/mol、また気体Aが100%のとき(つまり気体ア)のモル質量(分子量)は16g/molであることがわかる(テクニック①③④)。

気体Aのみを密閉容器に封入したときの質量が0.64gで、気体Aのモル質量(分子量)が16g/molなので、密閉容器内の気体Aの物質量は  $\frac{0.64}{16} = 0.040 \text{ mol}$  である。

また1.36gの混合気体について温度、圧力、体積が同じなので、アボガドロの法則よりこの混合気体の物質量も0.040molであり、そのモル質量は  $\frac{1.36}{0.040} = 34 \text{ g/mol}$ (つまりこの混合気体の平均分子量は34)となる。

混合気体に含まれる気体A(分子量16)の物質量の割合をx[%]とすると、気体イ(分子量40)が含まれる割合は100-x[%]なので、混合気体の平均分子量を考えると次の式が成立する。

$$\frac{16 \times x + 40 \times (100 - x)}{100} = 34 \quad \text{これより } x = 25\% \text{ となり、答は②となる。}$$

▶チェック問題②◀ グラフを描いて解く問題



亜硝酸ナトリウム  $\text{NaNO}_2$  (式量69.0)と塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (式量53.5)を溶かした水溶液を加熱すると  $\text{N}_2$  が生成する。この反応式は次の式で表される。



濃度が不明の  $\text{NH}_4\text{Cl}$  水溶液を100mLずつはかり取り、それぞれに異なる物質量の  $\text{NaNO}_2$  を溶かした。この混合水溶液を加熱し、反応が十分に進行したときに生成した  $\text{N}_2$  の体積を0℃、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において測定したところ、表1の結果が得られた。もとの水溶液100mLに溶けていた  $\text{NH}_4\text{Cl}$  は何gか。最も適当な数値を、後の①～⑤のうちから一つ選べ。

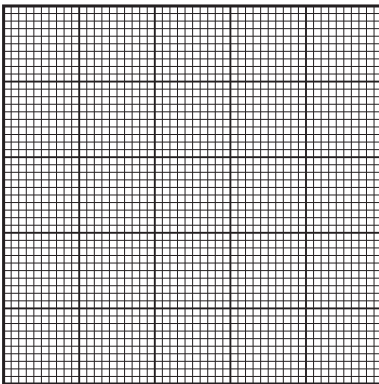
(25 共通テスト改)

表1 用いた  $\text{NaNO}_2$  の物質量と生成した  $\text{N}_2$  の体積の関係

$\text{NaNO}_2$ の物質量 [mol]	生成した $\text{N}_2$ の体積 [mL]
$4.00 \times 10^{-3}$	89.6
$8.00 \times 10^{-3}$	179
$12.0 \times 10^{-3}$	224
$16.0 \times 10^{-3}$	224
$20.0 \times 10^{-3}$	224

- ① 0.0535      ② 0.428      ③ 0.535
- ④ 0.642      ⑤ 5.35

グラフを描いてみよう！



解答 解説

表1の値を用いて、方眼紙の横軸に「 $\text{NaNO}_2$  の物質量」、縦軸に「生成した  $\text{N}_2$  の体積」をとり、グラフを描く。混合溶液に含まれる  $\text{NH}_4\text{Cl}$  が反応し終わるまでは、溶かした  $\text{NaNO}_2$  の量に比例して  $\text{N}_2$  が生成する。それ以後は反応する  $\text{NH}_4\text{Cl}$  がないので  $\text{NaNO}_2$  の量が増えても  $\text{N}_2$  は生成しない。したがって、グラフが折れ曲がって横軸と平行になる点が  $\text{NH}_4\text{Cl}$  と  $\text{NaNO}_2$  が過不足なく反応したときで、この点を読み取ると、 $\text{NaNO}_2$  は  $10.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$  である(テクニック②③)。

今、反応した  $\text{NH}_4\text{Cl}$  をx[mol]とすると、反応式の係数比＝物質量比より、

$$\text{NaNO}_2 : \text{NH}_4\text{Cl} = 1 : 1 = 10.0 \times 10^{-3} : x \quad x = 1.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

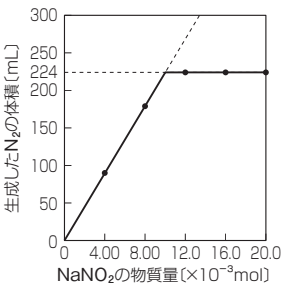
したがって、 $\text{NH}_4\text{Cl}$  の質量は  $1.00 \times 10^{-2} \times 53.5 = 0.535 \text{ g}$  となり、答は③となる。

【別解】この問題は、グラフを用いず計算のみでも解答できる。

表1において、用いた  $\text{NaNO}_2$  の物質量が  $12.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$  以上では、生成した  $\text{N}_2$  の体積は224mLで一定となり、その物質量は  $\frac{224 \times 10^{-3}}{22.4} = 1.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$  である。これは、混合水溶液に含まれる  $\text{NH}_4\text{Cl}$  がすべて反応したことを意味している。今、反応した  $\text{NH}_4\text{Cl}$  をx[mol]とすると、反応式の係数比＝物質量比より、

$$\text{NH}_4\text{Cl} : \text{N}_2 = 1 : 1 = x : 1.00 \times 10^{-2} \quad x = 1.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

したがって、 $\text{NH}_4\text{Cl}$  の質量は  $1.00 \times 10^{-2} \times 53.5 = 0.535 \text{ g}$  となる。



ここでは高校化学において「～といえば、……である」と覚えておく便利なポイント事項を集めてみた。逆方向を問われても答えられるようにしておいてほしい。

- 展性・延性の金属ベスト2 といえば → Au > Ag
- 熱・電気伝導性金属ベスト3 といえば → Ag > Cu > Au
- 貴金属といえば → 金 Au, 白金 Pt, 銀 Ag
- 絹のふうあい, 綿 (木綿) のふうあい, 羊毛のふうあいといえば → 絹はナイロン 綿 (木綿) はビニロン 羊毛はアクリル (絹ナイ綿ビニ羊アク)
- 同素体といえば → SCOP (それぞれの元素の同素体もいえること)
- 空気中に最も多い貴ガスといえば → アルゴン
- 電気陰性度大の元素といえば → F, O, Cl, N (ホクロン (F O Cl N) は、強く電子を引きつける。)
- 金属結合といえば → 自由電子 (熱や電気伝導性・延性・展性の要因)
- 単位格子中の原子の数と配位数といえ → 体心立方 2 8, 面心立方 4 12, 六方最密 2 12 (例えば (タイト姿で8杯飲んで, 金銀銅とアルミのお面 4つで12杯, 六方 2つで 12杯。))  
体心2個8配位数 面心4個12配位数 六方最密2個12配位数
- 配位結合といえば → アンモニウムイオン  $\text{NH}_4^+$  とオキソニウムイオン  $\text{H}_3\text{O}^+$  と錯イオン
- 水素結合といえば → HF,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  (水素結合は本 (FON) 当にある。)
- 水素結合による異常高沸点化合物といえ → (15, 16, 17 族の水素結合において)  
15 族の  $\text{NH}_3$ , 16 族の  $\text{H}_2\text{O}$ , 17 族の HF
- 化学結合力の強さの順といえ → 化学結合 共有結合 ≧ イオン結合・金属結合  
> 水素結合 > ファンデルワールス力 (分子間力 (驚異の金水ファンデル))
- 共有結合の結晶といえ ) → 黒鉛 C, ダイヤモンド C, ケイ素 Si, 二酸化ケイ素  $\text{SiO}_2$  (石英, 水晶, ケイ砂) の4種
- 巨大分子といえ )
- 正四面体といえ → ダイヤモンド, ケイ素, 二酸化ケイ素 (石英, 水晶, ケイ砂), 氷の結晶構造,  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , 有機のメタン, 四塩化炭素 (二酸化ケイ素は温度や圧力によって多様な構造をとり必ずしも正四面体とはならない。メタンと四塩化炭素は「化学」で履修。)
- 正六角形といえ → 黒鉛, ベンゼン (環) (ベンゼンは「化学」で履修。)
- 分子結晶といえ → 二酸化炭素 (ドライアイス), ヨウ素, ナフタレン, 水 (氷)
- 昇華性を有する物質といえ → 二酸化炭素 (ドライアイス), ヨウ素, ナフタレン
- $0^\circ\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  (標準状態) といえ → 22.4 L を使う。
- ～個といえ (問題文に「～個」があれば) → アボガドロ数  $6.0 \times 10^{23}$  を使う。
- $c [\text{mol/L}]$  の溶液  $v [\text{mL}]$  といえ → 溶質は  $\frac{cv}{1000} [\text{mol}]$
- 中和滴定で共洗いといえ → ホールピペットとビュレット
- 酸・塩基 (中和) の計算といえ → 「酸の物価 = 塩基の物価」と「イオンはカモ電」を考える。
- 酸化剤にも還元剤にもなるといえ →  $\text{H}_2\text{O}_2$  (主として 酸化剤) と  $\text{SO}_2$  (主として 還元剤)

ここでは、問題編と解答編に掲載している「重要ポイント」「価値ある補足」「まとめ枠」などの中で、特に重要なものを「入試突破の裏ワザ3」として再掲している。

ただし、「入試突破の裏ワザ1 ゴロ・合言葉集」「入試突破の裏ワザ2 ～といえば集」と重複しているものは省いているので、必ず「入試突破の裏ワザ1 ゴロ・合言葉集」と「入試突破の裏ワザ2 ～といえば集」をマスターしてから進むこと。

▶ 解答編 p.2

物質の分類

物質 { 純物質 { 単体  
化合物  
混合物

▶ 解答編 p.2

1種類の元素記号で表される物質は単体。

▶ 解答編 p.2

価値ある補足 「元素と単体」の見分け方

- 物質の構成成分を意味する場合は元素、気体や金属などの具体的な物質を意味する場合は単体である。
- 「という元素」または「という物質」という言葉をつけて判断する。

▶ 解答編 p.2

- 単体は、1種類の元素だけからなる物質。
- 化合物は、2種類以上の元素からなる物質。

▶ 解答編 p.4

塩酸は混合物。化合物と間違えやすいので、要注意！

▶ 解答編 p.4

物質の分類のポイント

- 水溶液はすべて水と溶質の混合物である。〔例〕硝酸カリウム水溶液、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液、希硫酸
- 純物質は、沸点や融点在一定となることで混合物と区別できる。
- 元素名がそのまま物質の名称になっているものは、単体である。〔例〕水素、窒素、酸素、硫黄、塩素、ヨウ素、貴ガス (ヘリウム、ネオン、アルゴン)、金属 (ナトリウム、アルミニウム、カルシウム、銅、鉄など)

### 蒸留操作のポイント 入試頻出事項 ▶ 解答編 p.7

①物質の沸点によって加熱方法を選ぶ。

- ジエチルエーテル (沸点  $34^\circ\text{C}$ ) のように沸点が低い物質を蒸留する場合は、穏やかに加熱するため水浴器に水を入れた水浴を用いる。
- 酢酸 (沸点  $118^\circ\text{C}$ ) のように沸点が  $100^\circ\text{C}$  以上の物質の場合は、油を入れた油浴を用いる。

②突沸を防ぐため、必ず沸騰石を入れる。

- 沸騰石としては素焼き片かガラス細管 (キャピラリー) を入れる。

③丸底の枝つきフラスコを用いる。

- 枝つきフラスコを単にフラスコと答えてはいけない。
- 平底フラスコを用いると熱膨張のため底がひずんで破損する。※枝つきフラスコは通常、丸底である。

④温度計の球部は枝つきフラスコの枝の部分に位置させる。

- 留出する気体の温度 (沸点) を測定するのでこの位置となる。球部を液に浸して液の温度を測定しても意味がない。

⑤枝つきフラスコに入れる液量は最大でも  $\frac{1}{2}$  とする (適量は  $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ )。

- 液量が多いと液の表面積が小さくなり、蒸留の効率が悪い。また、枝の部分までの距離が近いので、不純物を含む液が枝の位置まで飛び散るおそれがある。

⑥冷却水は下から上へ流す。

- もし上から下に流すと冷却器全体に水を満たすことができず、冷却効率が悪い。

⑦受け器 (三角フラスコ) に密栓をしてはいけない。

- 密栓をすると気体の逃げ場がなくなり、圧力が上がって破損したり、接合部分が外れたりする。揮発性の液体を集める場合は、綿栓などでゆるく栓するのがよい。



確認問題

P.57

76 答  $^{12}\text{C}$

解説 原子量は、炭素原子 $^{12}\text{C}$ の質量を12と定め、これを基準として各原子の質量を相対的に表した数値である。 $^1\text{H}$ や $^{16}\text{O}$ が基準ではない！

77 答 (1) 71.0 (2) 44 (3) 58.5 (4) 102 (5) 18 (6) 62 (7) 32 (8) 286

解説 分子量・式量は、構成している各原子の原子量の総和を求める。電子の質量は無視できるので、イオンも同様に各原子の原子量の総和を求めればよい。

- (1)  $35.5 \times 2 = 71.0$  (2)  $12 + 16 \times 2 = 44$   
 (3)  $23 + 35.5 = 58.5$  (4)  $27 \times 2 + 16 \times 3 = 102$   
 (5)  $14 + 1.0 \times 4 = 18$  (6)  $14 + 16 \times 3 = 62$   
 (7)  $12 + 1.0 \times 3 + 16 + 1.0 = 32$   
 (8)  $23 \times 2 + 12 + 16 \times 3 + 10 \times (1.0 \times 2 + 16) = 286$

分子量＝分子式に含まれる各原子の原子量の総和  
 式量＝組成式またはイオンの化学式に含まれる各原子の原子量の総和

【注意】 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の「 $\cdot$ 」は加法を意味している。乗法(かけ算)ではない。

78 答 (1) モル質量(g/mol), モル体積(L/mol)  
 (2) アボガドロ数  $6.02 \times 10^{23}$ 個

解説  $^{12}\text{C}$  12.0gは1molにあたる。物質1molあたりの粒子数 $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ をアボガドロ定数といい、 $N_A$ で表す。計算では、通常 $6.0 \times 10^{23}$ を用いる。

79 答 (1) (ア)23g/mol (イ)18g/mol (ウ)96g/mol  
 (2) (ア)22.4L/mol (イ)22.4L/mol

解説 (1) 物質1molあたりの質量をモル質量[g/mol]という。したがって、原子・分子・イオンなどのモル質量は原子量・分子量・式量に単位g/molをつけたものになる。  
 (2) 気体1molあたりの体積をモル体積[L/mol]という。これは気体の種類にはよらず $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5\text{Pa}$ (標準状態)で22.4L/molである。

80 答 (1) 11g (2) 5.6L (3)  $1.5 \times 10^{23}$ 個 (4)  $3.0 \times 10^{23}$ 個

解説  $\text{CO}_2$ (分子量 $12 + 16 \times 2 = 44$ ) 1molは、分子数 $6.0 \times 10^{23}$ 個、質量44g、体積22.4L(標準状態)である。  
 0.25molについては、それぞれ0.25倍すればよい。  
 (1)  $44 \times 0.25 = 11\text{g}$   
 (2)  $22.4 \times 0.25 = 5.6\text{L}$   
 (3)  $6.0 \times 10^{23} \times 0.25 = 1.5 \times 10^{23}$ 個  
 (4)  $\text{CO}_2$ の分子1molの中にO原子は2molある。よって、Oの原子数は(3)で求めた $\text{CO}_2$ の分子数の2倍である。 $6.0 \times 10^{23} \times 0.25 \times 2 = 3.0 \times 10^{23}$ 個

81 答 (1)  $\text{C}_4\text{H}_8 + 6\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$   
 (2)  $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$   
 (3)  $2\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + 9\text{O}_2 \longrightarrow 6\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

解説 C, H, O原子からなる物質 $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ を完全燃焼させるとき、生成物は $\text{CO}_2$ と $\text{H}_2\text{O}$ である。反応式を書くときは、まず $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ の係数を1とおき、C, H, Oの順で係数を決めていく。係数は最も簡単な整数比となるようにし、分数の場合は分母をはらって整数にしておく。

(1) 1.  $\text{C}_4\text{H}_8$ の係数を1とする。  $1\text{C}_4\text{H}_8 + \textcircled{4}\text{O}_2 \longrightarrow \textcircled{2}\text{CO}_2 + \textcircled{3}\text{H}_2\text{O}$

2. 両辺のC原子の数を合わせる。  $1\text{C}_4\text{H}_8 + \textcircled{4}\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + \textcircled{3}\text{H}_2\text{O}$   
 3. 両辺のH原子の数を合わせる。  $1\text{C}_4\text{H}_8 + \textcircled{4}\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$   
 4. 両辺のO原子の数を合わせる。  $1\text{C}_4\text{H}_8 + 6\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

(2) 1.  $\text{C}_2\text{H}_6$ の係数を1とする。  $1\text{C}_2\text{H}_6 + \textcircled{4}\text{O}_2 \longrightarrow \textcircled{2}\text{CO}_2 + \textcircled{3}\text{H}_2\text{O}$   
 2. 両辺のC原子の数を合わせる。  $1\text{C}_2\text{H}_6 + \textcircled{4}\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2 + \textcircled{3}\text{H}_2\text{O}$   
 3. 両辺のH原子の数を合わせる。  $1\text{C}_2\text{H}_6 + \textcircled{4}\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

4. 両辺のO原子の数を合わせる。  $1\text{C}_2\text{H}_6 + \frac{7}{2}\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

5. 係数を整数にするために、全体を2倍する。  $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

(3) 1.  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ の係数を1とする。  $1\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + \textcircled{4}\text{O}_2 \longrightarrow \textcircled{2}\text{CO}_2 + \textcircled{3}\text{H}_2\text{O}$   
 2. 両辺のC原子の数を合わせる。  $1\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + \textcircled{4}\text{O}_2 \longrightarrow 3\text{CO}_2 + \textcircled{3}\text{H}_2\text{O}$   
 3. 両辺のH原子の数を合わせる。  $1\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + \textcircled{4}\text{O}_2 \longrightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

4. 両辺のO原子の数を合わせる。  $1\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + \frac{9}{2}\text{O}_2 \longrightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

5. 係数を整数にするために、全体を2倍する。  $2\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + 9\text{O}_2 \longrightarrow 6\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

82 答 (1)  $1\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_3$   
 (2)  $1\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow 1\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$   
 (3)  $1\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \longrightarrow 1\text{Al}(\text{OH})_3$   
 (4)  $2\text{Al} + 6\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2$   
 (5)  $1\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 1\text{Ca}(\text{OH})_2 + 1\text{H}_2$   
 (6)  $3\text{NO}_2 + 1\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + 1\text{NO}$

解説 (1)～(5)は(1) $\text{NH}_3$ 、(2) $\text{CH}_4$ 、(3) $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、(4) $\text{Al}^{3+}$ 、(5) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の係数を1として目算法で考える。(6)は未定係数法で求める。(3)(4)の場合はイオン反応式なので、両辺の電荷の総和も等しくする。

(6)  $a\text{NO}_2 + b\text{H}_2\text{O} \longrightarrow c\text{HNO}_3 + d\text{NO}$  のように係数を付ける。

各原子の原子数を等しくするように考えると、次式が成立する。

$$\text{H} : 2b = c \quad \cdots \textcircled{1} \quad \text{N} : a = c + d \quad \cdots \textcircled{2} \quad \text{O} : 2a + b = 3c + d \quad \cdots \textcircled{3}$$

未知数が4個で式が3個なので、 $b = 1$ とおくと、①式より $c = 2$ となる。

これらを②式、③式に代入すると、

$$\textcircled{2}\text{式より}, a = 2 + d \quad \cdots \textcircled{4} \quad \textcircled{3}\text{式より}, 2a = 5 + d \quad \cdots \textcircled{5} \quad \text{となる。}$$

$$\textcircled{5}\text{式} - \textcircled{4}\text{式より}, a = 3, d = 1 \text{となる。}$$

このように、係数に適当な文字を当て、各原子の数が同じになるように連立方程式をつくり、この連立方程式を解いて係数を求めていく解き方を、未定係数法という。

83 答 (ア)2 (イ) $6.0 \times 10^{23}$  (ウ)64 (エ)22.4

解説 係数比＝物質質量比＝分子数比＝体積比(同温・同圧の気体)である。

(ウ)は $\text{O}_2 = 32$ なので、 $32 \times 2 = 64\text{g}$

※標準状態での $\text{H}_2\text{O}$ は液体なので体積は0Lと考える。問題文では——で示してある。

84 答 (1)  $\text{O}_2 : 10\text{mol}$ ,  $\text{H}_2\text{O} : 8.0\text{mol}$  (2) 13L (3) 11g

解説 (1) 係数比＝物質質量比より

$$\text{C}_3\text{H}_8 : \text{O}_2 = 1 : 5 = 2.0 : a \quad a = 10\text{mol}$$

$$\text{C}_3\text{H}_8 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 4 = 2.0 : b \quad b = 8.0\text{mol}$$

(2)  $\text{C}_3\text{H}_8$  0.20molは、標準状態で $22.4 \times 0.20\text{L}$ 。係数比＝体積比より

$$\text{C}_3\text{H}_8 : \text{CO}_2 = 1 : 3 = 22.4 \times 0.20 : c \quad c = 13.4 \cdots \div 13\text{L}$$

(3)  $\text{H}_2\text{O}$  の分子量 = 18 なので、 $\text{H}_2\text{O}$  18g は 1.0mol。係数比 = 物質質量比より  
 $\text{C}_3\text{H}_8 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 4 = d : 1.0$   $d = 0.25\text{mol}$   
 $\text{C}_3\text{H}_8$  の分子量 = 44 なので、 $44 \times 0.25 = 11\text{g}$   
**【別解】**  $\text{C}_3\text{H}_8 : \text{H}_2\text{O} = 1\text{mol} : 4\text{mol} = 44\text{g} : 4 \times 18\text{g} = e : 18\text{g}$   $e = 11\text{g}$

**85 答** 1.80mol

**解説** 与えられたイオン反応式からわかるように、Al を 1mol 得るには電子  $e^-$  が 3mol 必要となる。

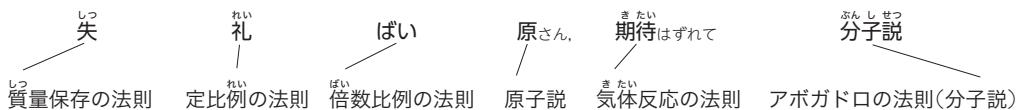
16.2g のアルミニウムの物質質量は、Al = 27 であることより、 $\frac{16.2}{27} = 0.600\text{mol}$  となるから、必要な電子  $e^-$  はその 3 倍で、1.80mol となる。

**86 答** ①原子説, ドルトン ②質量保存の法則, ラボアジエ ③倍数比例の法則, ドルトン  
 ④定比例の法則, プルースト ⑤気体反応の法則, ゲーリュサック  
 ⑥アボガドロの法則(分子説), アボガドロ

**解説** 化学の基本法則の法則名、内容、提唱者、法則の歴史的な経過(順番)はしっかり覚えておこう。特に、定比例の法則と倍数比例の法則の違いをはっきりさせておくことが重要である。

⑥のアボガドロの法則では「気体はいくつかの原子が結合した分子からなる」として分子の存在を提唱したので、分子説を内包している。

化学の基本法則と原子説・分子説の歴史的順序の覚え方



**87 答** 20%

**解説**  $\frac{25}{100+25} \times 100 = 20\%$

あわてて、 $\frac{25}{100} \times 100 = 25\%$  としないこと！  
 このような誤答は、案外多い。

**88 答** 0.40mol/L

**解説** NaOH = 40 より、 $\frac{4.0}{40}$  mol が溶液 250mL 中にあるので、1L(1000mL)では、 $\frac{4.0}{40} \times \frac{1000}{250} = 0.40\text{mol/L}$  となる。

**89 答**  $\frac{10ad}{M}$

**解説** 溶液 1L について考えると、この水溶液 1L の質量は 1000d[g]。 ← 質量 = 密度 × 体積

その中に a[%] の割合で非電解質が溶けているので、その質量は  $\frac{1000d \times a}{100} = 10ad$  [g] となる。

分子量(モル質量[g/mol])が M なので、この物質質量は、 $\frac{10ad}{M}$  [mol] となり、これが溶液 1L 中の物質質量となるので、答は  $\frac{10ad}{M}$  [mol/L]。

**90 答** (ア)1000b (イ)aM (ウ) $\frac{aM}{10b}$

**解説** a[mol/L] の希硫酸とは、1L(1000mL)中に a[mol] の溶質  $\text{H}_2\text{SO}_4$  が含まれることを表している。いま、この希硫酸 1L(1000mL)について考えると、密度が b[g/mL] より、溶液の質量は、 $1000 \times b = 1000b$  [g] ← 質量 = 密度 × 体積  
 また、溶質  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a[mol] の質量は、 $a \times M$  [g]

質量パーセント濃度 =  $\frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} \times 100$  より、 $\frac{a \times M}{1000b} \times 100 = \frac{aM}{10b}$  [%]

**基礎力アップ** 物質・化学反応式・濃度

p.60

**1 答** (1) 32 (2) 36.5 (3) 16 (4) 74 (5) 106  
 (6) 342 (7) 35.5 (8) 96 (9) 60 (10) 250

**解説** (1)  $16 \times 2 = 32$  (2)  $1.0 + 35.5 = 36.5$  (3)  $12 + 1.0 \times 4 = 16$   
 (4)  $40 + (16 + 1.0) \times 2 = 74$  (5)  $23 \times 2 + 12 + 16 \times 3 = 106$   
 (6)  $27 \times 2 + (32 + 16 \times 4) \times 3 = 342$   
 (7) 電子の質量は無視できるほど小さいので、原子量のままで扱う。  
 (8) 電子の質量は無視できるので、 $32 + 16 \times 4 = 96$   
 (9)  $12 + 1.0 \times 3 + 12 + 16 + 16 + 1.0 = 60$   
 (10)  $64 + 32 + 16 \times 4 + 5 \times (1.0 \times 2 + 16) = 250$

$\text{CuSO}_4$  1 分子に  $\text{H}_2\text{O}$  5 分子が水和しているので、 $\text{CuSO}_4$  の式量と  $\text{H}_2\text{O}$  5 分子分の分子量を合計すればよい。

**2 答** (1)  $1.2 \times 10^{23}$  個 (2)  $2.4 \times 10^{23}$  個 (3)  $9.0 \times 10^{23}$  個  
 (4)  $2.7 \times 10^{23}$  個 (5)  $3.6 \times 10^{23}$  個

**解説** (1)  $6.0 \times 10^{23} \times 0.20 = 1.2 \times 10^{23}$  個  
 (2)  $6.0 \times 10^{23} \times 0.40 = 2.4 \times 10^{23}$  個  
 (3)  $6.0 \times 10^{23} \times 0.50 \times 3 = 9.0 \times 10^{23}$  個  
 オゾン  $\text{O}_3$  分子 1 個には酸素 O 原子 3 個が含まれている。  
 (4)  $6.0 \times 10^{23} \times 0.15 \times 3 = 2.7 \times 10^{23}$  個  
 アンモニア  $\text{NH}_3$  分子 1 個には水素 H 原子 3 個が含まれている。  
 (5)  $6.0 \times 10^{23} \times 0.20 \times 3 = 3.6 \times 10^{23}$  個  
 $\text{CaCl}_2$  1mol には  $\text{Ca}^{2+}$  1mol と  $\text{Cl}^-$  2mol の合計 3mol のイオンが含まれているので、全部のイオンの個数は  $\text{CaCl}_2$  の個数の 3 倍となる。

物質質量  $n$  [mol] と質量  $w$  [g]、体積  $v$  [L]、粒子数  $N$  [個] の関係 ( $M$  は原子量・分子量・式量に相当するモル質量)  
 $n = \frac{w}{M}$   $n = \frac{v}{22.4}$   $n = \frac{N}{6.0 \times 10^{23}}$   
 式の変形が自在にできるようにする。

アボガドロ定数 ( $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ ) に物質質量  $n$  をかけると粒子数  $N$  が求まる。  
 $N = (6.0 \times 10^{23}) \times n$

粒子数の計算

物質質量と粒子数の関係では、物質の化学式は使わなくてよいものがある。②(1)(2)、③(1)(2)(3) など。

**3 答** (1) 0.10mol (2) 0.30mol (3) 4.0mol (4) 0.25mol (5) 0.20mol

**解説** (1)  $\frac{6.0 \times 10^{22}}{6.0 \times 10^{23}} = 0.10\text{mol}$   
 (2)  $\frac{1.8 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}} = 0.30\text{mol}$   
 (3)  $\frac{2.4 \times 10^{24}}{6.0 \times 10^{23}} = 4.0\text{mol}$   
 (4)  $\frac{3.0 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}} \times \frac{1}{2} = 0.25\text{mol}$   
 N 原子 2 個で、窒素分子  $\text{N}_2$  1 個ができるので、窒素分子の物質質量は  $\frac{1}{2}$  になる。  
 (5)  $\frac{3.6 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}} \times \frac{1}{3} = 0.20\text{mol}$

粒子数  $N$  をアボガドロ定数 ( $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ ) で割ると物質質量  $n$  が求まる。  
 $n = \frac{N}{6.0 \times 10^{23}}$

物質質量の問い

物質質量を問う場合は、「何molか」以外に「物質質量を求めよ」とか「物質質量はいくらか」と問われる場合がある。

O 原子 3 個で、オゾン分子  $\text{O}_3$  1 個ができるので、オゾン分子の物質質量は  $\frac{1}{3}$  になる。