

第2編 物質の変化

第1章 物質と化学反応式

原子量・分子量・式量

A 原子の相対質量

水素原子1個の質量約 1.7×10^{-24} g

1.7×10^{-24} g = 0.00000000000000000000000000017g

0が23個つく

小さすぎて扱いにくいので別の基準を使う

... ^{12}C (質量数12の炭素原子) 1個の質量を

12として、それを基準に決めた原子の質量のこと

^{12}C の質量 1.9926×10^{-23} g 実際の質量のわりに用いる

^1H の質量 0.16735×10^{-23} g

(実際の質量) と (相対質量) の比はどの原子でも

^{12}C 以外の原子 (例 ^1H) の相対質量は次のように求める。

(^{12}C の実際の質量) : (^{12}C の相対質量)

= 1.9926×10^{-23} [g] : 12 — ①

(^1H の実際の質量) : (^1H の相対質量)

= 0.16735×10^{-23} [g] : x — ②

原子の実際の質量と相対質量の比は同じなので、①と②より

(^{12}C の実際の質量) : (^{12}C の相対質量)

= (^1H の実際の質量) : (^1H の相対質量)

1.9926×10^{-23} [g] : 12 = 0.16735×10^{-23} [g] : x — ③

③より $1.9926 \times 10^{-23} \times x = 12 \times 0.16735 \times 10^{-23}$

よって $x = \frac{12 \times 0.16735 \times 10^{-23}}{1.9926 \times 10^{-23}} = 1.00782... \approx 1.0078$

^{12}C の相対質量を12とすると ^1H の相対質量は1.0078

同様にして他の元素の原子の相対質量も求められる。

B 原子量

... 原子の同位体の存在比から求めた原子の平均質量

元素ごとに決まっている

原子量の求め方

例 塩素 Cl

塩素の同位体 ^{35}Cl (相対質量35) ^{37}Cl (相対質量37)

存在比 $^{35}\text{Cl} : ^{37}\text{Cl} = \underline{\hspace{2cm}} : \underline{\hspace{2cm}}$

塩素の原子量

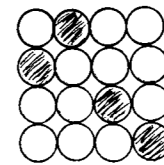
例 炭素 C

炭素の同位体 ^{12}C (相対質量12) ^{13}C (相対質量13)

存在比 $^{12}\text{C} : ^{13}\text{C} = \underline{\hspace{2cm}} : \underline{\hspace{2cm}}$

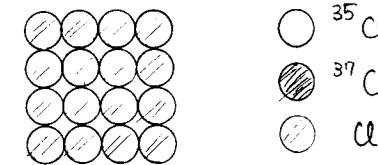
炭素の原子量

原子量の考え方



自然界の塩素原子

100個のうち
76個は質量35
24個は質量37



原子量と考える塩素原子

100個のうち
100個が質量35.5

C 分子量・式量

分子の相対質量。原子量の総和で表される。

表 元素と原子量

元素	原子量	元素	原子量	
H	1.0	Na	23.0	個別の元素の 原子量を覚える 必要はない
He	4.0	Mg	24.3	
Li	6.9	Al	27.0	周期表に 原子量が 載っている
Be	9.0	Si	28.1	
B	10.8	P	31.0	
C	12.0	S	32.1	
N	14.0	Cl	35.5	
O	16.0	Ar	40.0	
F	19.0	K	39.1	
Ne	20.2	Ca	40.1	

例 水 H_2O の分子量 H ___ 個, O ___ 個

$$H \text{ の原子量 } \underline{\quad} \times 2 + O \text{ の原子量 } \underline{\quad} \times 1$$

$$= \underline{\quad}$$

窒素 N_2 の分子量 N ___ 個

$$N \text{ の原子量 } \underline{\quad} \times 2 = \underline{\quad}$$

塩化水素 HCl の分子量 H ___ 個, Cl ___ 個

$$H \text{ の原子量 } \underline{\quad} \times 1 + Cl \text{ の原子量 } \underline{\quad} \times 1$$

$$= \underline{\quad}$$

二酸化炭素 CO_2 の分子量 C ___ 個, O ___ 個

硫酸 H_2SO_4 の分子量 H ___ 個, S ___ 個, O ___ 個

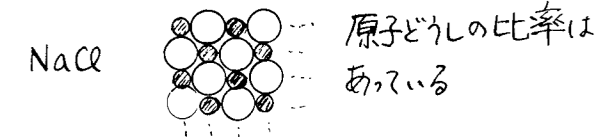
グルコース $C_6H_{12}O_6$ の分子量 C ___ 個, H ___ 個, O ___ 個

... イオン式、組成式に含まれる元素の原子量の総和
分子量と同じように考えてよい

分子量 ... 1つ1つのまとまり(分子)が式と同じ



式量 ... 1つ1つのまとまりが式と一致するとは限らない



例 塩化ナトリウム $NaCl$ の式量 Na ___ 個 Cl ___ 個

$$Na \text{ の原子量 } \underline{\quad} \times 1 + Cl \text{ の原子量 } \underline{\quad} \times 1 = \underline{\quad}$$

水酸化物イオン OH^- の式量 O ___ 個 H ___ 個

電子1個の質量は、原子1個の質量と比べて

非常に小さい \Rightarrow 式量を考えるときは無視する

$$O \text{ の原子量 } \underline{\quad} \times 1 + H \text{ の原子量 } \underline{\quad} \times 1 = \underline{\quad}$$

硫化物イオン S^{2-} の式量

$$S \text{ の原子量 } \underline{\quad} \times 1 = \underline{\quad}$$

アンモニウムイオン NH_4^+ の式量

硝酸イオン NO_3^- の式量

炭酸水素ナトリウム $NaHCO_3$ の式量

硫酸アルミニウム $Al_2(SO_4)_3$ の式量

② 物質質量

① アボガドロ数

原子・分子の数は膨大で扱いにくい。化学では一定数の粒子の集まりを1まとまりとして考える。

_____ 個で1つのまとまり (原子・分子・イオンとも)

この数を _____ という

(^{12}C を _____ g 集めたときの原子の数)

_____ ... 6.02×10^{23} 個の1まとまり

molecule (分子) より



米 180 mL

↓
米 1合

1 mol, 2 mol など量を _____ という



ペン 12本



ペン 1ダース



原子(分子) 6.02×10^{23} 個



原子(分子) 1 mol

_____ -- アボガドロ数に単位 _____ を

つけたもの N_A という記号で表す

N -- number ナンバー・数字

A -- Avogadro アボガドロ (人名)

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$$

「アボガドロ数」... 6.02×10^{23} という数そのもの

「アボガドロ定数」... 1 mol で 6.02×10^{23} (個)

という意味をもつ量のこと

粒子の数とアボガドロ定数

$$\text{物質質量 [mol]} = \frac{\text{粒子の数}}{\text{アボガドロ定数 [1/mol]}}$$

$$\left(\frac{1}{\text{mol}} = \frac{1 \times \text{mol}}{\text{mol}} = \frac{\text{mol}}{1} \text{mol} \right)$$

物質質量 [mol] は原子・分子・イオンに用いられる

酸素分子 O_2 が 1 mol あるとき



O_2 というまとまりが 6.02×10^{23} 個ある

酸素原子 O は 2 mol ある

O は $6.02 \times 10^{23} \times 2 = 12.04 \times 10^{23}$ 個ある

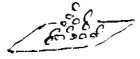

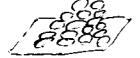
問、(1) 炭素原子 C 1.8×10^{23} 個は何 mol か。

(2) 水分子 H_2O 3 mol には水分子が何個あるか。

また、水素原子・酸素原子がそれぞれ何個で構成されているか。

③ 物質質量と質量

1 mol の粒子の質量

 ^{12}C (相対質量 12)  6.02×10^{23} 個 (1 mol) で 12 gAl (原子量 27)  6.02×10^{23} 個 (1 mol) で 27 g H_2O (分子量 18)  6.02×10^{23} 個 (1 mol) で 18 g

∴ 原子量・分子量・式量の数値に単位 _____ を
 付けたもの 粒子 (1 mol あたり) 何 g を表す。

黒鉛 C のモル質量 12 g/mol

マグネシウム Mg のモル質量 24 g/mol

物質質量と質量の関係

$$\text{物質質量 [mol]} = \frac{\text{質量 [g]}}{\text{モル質量 [g/mol]}} \quad \frac{\text{質量 [g]}}{\text{モル質量 [g/mol]} \times \text{物質質量 [mol]}}$$

問 原子量 δ C=12 H=1.0 O=16 N=14 Mg=24
 とするとき次の問いに答えよ。

(1) 炭素 0.40 mol の質量は何 g か。

(2) アンモニア NH_3 0.50 mol の質量は何 g か。

(3) マグネシウム 19.2 g の物質質量は何 mol か。

(4) 酸素 24 g の物質質量は何 mol か。

問 アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。次の問いに
 答えよ。

(1) マグネシウム原子 1.8×10^{24} 個の質量は何 g か。

(2) 水 180 g に含まれる分子の数は何個か。

(3) 塩化ナトリウム 117 g に含まれる陽イオンと陰イオンの
 総数は何個か。NaCl の式量を 58.5 とする。

◎ 「何個か」と問われていても考えるときは「何 mol か」とする

(1) マグネシウム Mg のモル質量は _____ g/mol
 Mg 1 mol で _____ g とわかるので、Mg が何 mol あるか
 わかればよい。マグネシウム 1.8×10^{24} 個は

よ) _____ mol

よって求める質量は

(2) 水 H_2O のモル質量は _____ g/mol
 H_2O 1 mol で _____ g とわかるので、 H_2O が何 mol あるか
 わかればよい。水 180 g は

よ) _____ mol

よって求める個数は

(3) 塩化ナトリウムのモル質量は _____ g/mol
 NaCl 1 mol で _____ g なのだから
 塩化ナトリウム 117 g は

よ) _____ mol

NaCl は電離すると陽イオン _____ と
 陰イオン _____ とに分かれるので、求める個数は

□ 物質と気体の体積

気体の体積とそれに含まれる分子数の関係

_____ 同温・同圧のもとで同じ体積の気体には
気体の種類によらず、同じ数の分子が
含まれている

どのような意味なのか。

例えば、22.4 Lの気体があるとき、それが窒素 N_2 であろうと、
二酸化炭素 CO_2 であろうと、分子の数は 1 mol (6.02×10^{23} 個)
であるということ。

気体分子 1 mol の体積

アボガドロの法則によれば、気体分子 1 mol の体積は

_____。

$$\begin{cases} 1 \text{ 気圧} = \text{_____ Pa} \\ 0^\circ\text{C} = \text{_____ K} \end{cases} \quad \text{K (ケルビン) -- 絶対温度}$$

の状態 (_____ という) において

気体 1 mol の体積は _____ L と決まっている。

_____ 気体 1 mol あたりの体積 [L]

単位 [_____] L = リットル えと書かれることも
ある

気体の物質質量 [mol] と体積 [L] は比例するので、
気体の体積から物質質量を求めたり、物質質量から体積を
求めたりすることができる。

モル質量・モル体積を用いると気体の密度も求まる。

$$\text{気体の物質質量 [mol]} = \frac{\text{気体の体積 [L]}}{22.4 \text{ [L/mol]}}$$

$$\text{気体の密度 [g/L]} = \frac{\text{気体のモル質量 [g/mol]}}{22.4 \text{ [L/mol]}}$$

問1 (1) メタン 0.25 mol の体積は標準状態で何 L か。

(2) 標準状態で 11.2 L の水素の物質質量は何 mol か。

問2 (1) 窒素 N_2 (分子量 28.0) の標準状態での密度は
何 g/L か。

(2) 標準状態で密度が 1.5 g/L の気体の分子量は
いくらか。

空気の体積と質量

空気…数々の種類の気体が混ざってできている

乾燥空気の成分 (体積比)	N ₂ 78.1%	O ₂ 21.0%
	Ar 1.0%	CO ₂ 0.03% 他—

およそ N₂ : O₂ = 4 : 1 の比で含まれている。

空気の見かけの分子量

$$28.0 \times \frac{4}{5} + 32.0 \times \frac{1}{5} = 28.8$$

問 (1) 標準状態のメタン CH₄ 5.6 L の質量は何 g か。

(2) 二酸化窒素 11.5 g の体積は標準状態で何 L か。

(3) ある気体は標準状態で 11.2 L のとき質量が 16 g である。この気体の分子量はいくらか。

物質量の計算

「米を3200粒よそって」

と言う家はまずないことでしょう。あるとしたら相当変わった人ばかりの家でしょう。実際には3200粒であろうと、普通は

「米を茶碗1杯よそって」

と言うはずですが。化学でいう「物質量」「00モル」もこれと同じです。

「水素分子 6.0×10^{23} 個と酸素分子 3.0×10^{23} 個が反応して水分子が 6.0×10^{23} 個できる。」

などと表すよりも、 6.0×10^{23} 個のことを 1 mol として

「水素分子 1 mol と酸素分子 0.5 mol が反応して水分子が 1 mol できる。」

とした方が簡単です。高校化学では物質の反応を考えるときに物質量(00モル)を使っています。

物質量とそれに関係する量として、次の3つの量がありました。

「アボガドロ定数」 $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$... 「1 mol で数が 6.02×10^{23} (個)」

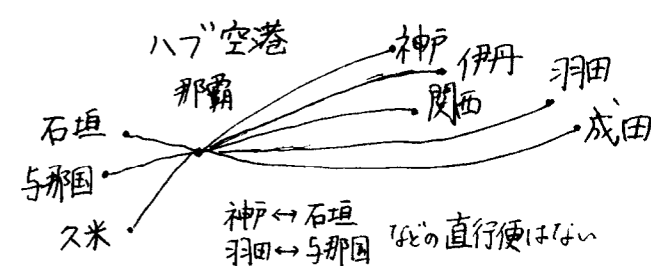
「モル質量」 12.0 g/mol ... 「1 mol で 12.0 g 」

「モル体積」 22.4 L/mol ... 「1 mol で 22.4 L 」

物質量の計算には慣れが必要です。これら3つを「かける」か「わる」ことによって、物質量(モル)と粒子数(個)・質量(g)・体積(L)の換算ができるように練習しましょう。

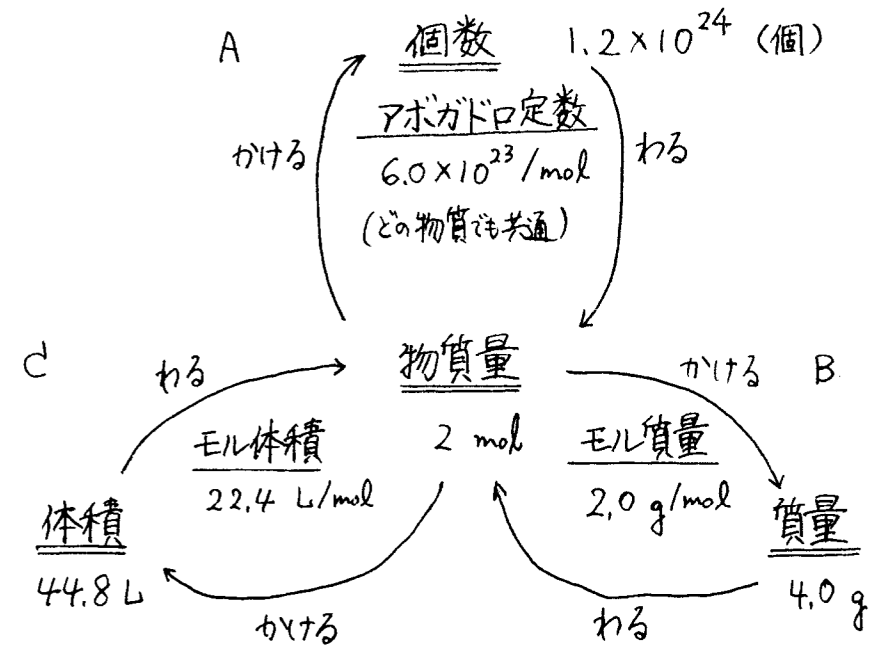
● 全ては「モル」を経由して考える

物質量(モル)は粒子数(個)・質量(g)・体積(L)を橋渡しするような存在です。たとえばハブ空港です。



ハブ空港というのはいろいろなところの路線が1つに集まっている空港のことです。乗り換える中心拠点です。

神戸から石垣へ行くにしても、羽田から与那国へ行くにしても那覇を経由しなければなりません。「アボガドロ定数」「モル質量」「モル体積」の計算においても、全て「物質量」(モル)を経由して考えます。「物質量」(モル)がハブ空港と同じように中心的なものとなります。



- A 物質量 ↔ 個数 (個)
- B 物質量 ↔ 質量 (グラム)
- C 物質量 ↔ 体積 (リットル)

A 物質量 ↔ 個数

$$\text{物質量} \begin{array}{c} \xrightarrow{\text{かける}} \\ \xleftarrow{\text{わる}} \end{array} \text{個数} \quad \text{アボガドロ定数 } 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$$

物質量と個数の変換には「アボガドロ定数」(単位 /mol) が用いられます。物質量を個数にするときは「アボガドロ定数」をかけ、個数を物質量にするには「アボガドロ定数」でわります。

例。水素分子 2 mol には何個の水素分子が含まれるか。

物質量 → 個数の変換「かけ」
mol (個)

$$2 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 12 \times 10^{23} \\ = \underline{1.2 \times 10^{24}} \text{ (個)}$$

○ 水素分子 9.0×10^{23} 個には何 mol の水素分子が含まれるか。

個数 → 物質量の変換「かけ」
(個) mol

$$9.0 \times 10^{23} \times \frac{1}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} = \underline{1.5 \text{ mol}}$$

$$\left(\begin{array}{l} 1/\text{mol} \text{ は } \frac{1}{\text{mol}} \text{ と同じ} \\ \frac{1}{\text{mol}} = \frac{1 \times \text{mol}}{\text{mol} \times \text{mol}} = \text{mol} \end{array} \right)$$

B 物質量 ↔ 質量

$$\text{物質量} \begin{array}{c} \xrightarrow{\text{かける}} \\ \xleftarrow{\text{わる}} \end{array} \text{質量} \quad \text{モル質量 } M \text{ g/mol}$$

物質量から質量を求める場合や、質量から物質量を求める場合には「モル質量」(単位 g/mol) が用いられます。

物質量から質量を求める場合には「モル質量」をかけ、質量から物質量を求める場合には「モル質量」でわります。モル質量は原子量・分子量・式量の値に g/mol をつけたものであり、物質により異なります。

例。アルミニウム 27 g にはアルミニウム原子が何 mol 含まれているか。(アルミニウムの原子量は 27)

質量 [g] → 物質量 [mol]

$$27 \text{ g} \times \frac{1}{27 \text{ g/mol}} = \underline{1.0 \text{ mol}}$$

$$\left(\text{g} \times \frac{1}{\frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \text{g} \times \frac{\text{mol}}{\text{g}} = \text{mol} \right)$$

○ 水素分子 1 mol には水素分子が何 g 含まれているか。

物質量 [mol] → 質量 [g]

$$1 \text{ mol} \times 2 \text{ g/mol} = \underline{2 \text{ g}}$$

C 物質量 ↔ 体積

$$\text{物質量} \begin{array}{c} \xrightarrow{\text{かける}} \\ \xleftarrow{\text{わる}} \end{array} \text{体積} \quad \text{モル体積 } 22.4 \text{ L/mol} \\ \text{(標準状態)}$$

物質量から体積を求める場合や、体積から物質量を求める場合には「モル体積」(単位 L/mol) が用いられます。物質量から体積を求めるには「モル体積」をかけ、体積から物質量を求める場合には「モル体積」でわります。モル体積は標準状態の気体の場合、種類によらず 22.4 L/mol で同じです。

○ メタン CH₄ 1.5 mol は標準状態で何 L か。

物質量 [mol] → 体積 [L]

$$1.5 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = \underline{\underline{33.6 \text{ L}}}$$

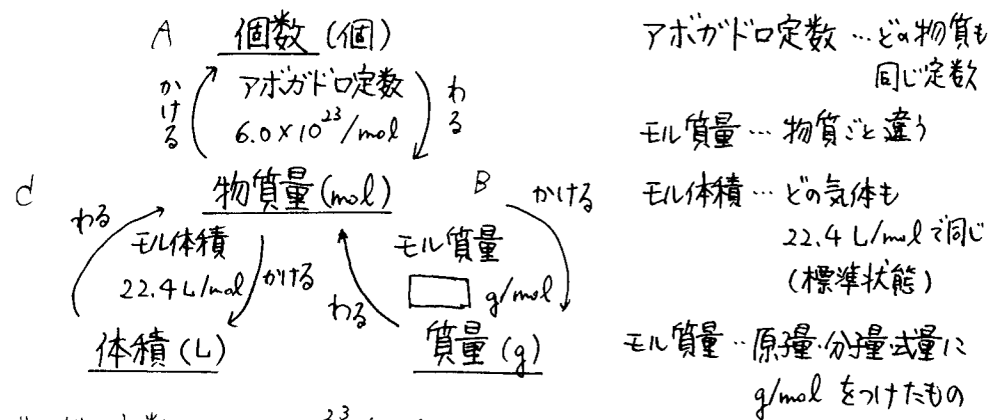
- ・ 水素 3.36 L には水素分子が何 mol 含まれているか。

体積 [L] → 物質量 [mol]

$$3.36 \text{ L} \times \frac{1}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.15 \text{ mol}$$

物質量の計算の問題では、A・B・C のどの操作が必要なのか見きわめて計算することが必要です。

物質量の計算 (教科書106~107頁)



アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$
(個)

A (ア)~(エ)の粒子の数 (オ)~(ク)の物質量をそれぞれ答えよ。

- (ア) 炭素 1.0 mol 中の炭素原子
- (イ) ナトリウム 0.50 mol 中のナトリウム原子
- (ウ) 二酸化炭素 1.5 mol 中の二酸化炭素分子
- (エ) 塩化カルシウム 2.0 mol 中のカルシウムイオン
- (オ) 水素原子 6.0×10^{23} 個
- (カ) 銅原子 3.0×10^{24} 個
- (キ) 水分子 1.5×10^{22} 個
- (ク) アルミニウムイオン 6.0×10^{24} 個

アボガドロ定数 \times かける
アボガドロ定数 \div 割る
個 \rightarrow mol
mol \rightarrow 個
個 \rightarrow mol
mol \rightarrow 個

- (ア) $1.0 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 6.0 \times 10^{23}$ (個)
- (イ) $0.50 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 3.0 \times 10^{23}$ (個)
- (ウ) $1.5 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 9.0 \times 10^{23}$ (個)
- (エ) CaCl_2 2.0 mol は $2.0 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 1.2 \times 10^{24} = 1.2 \times 10^{24}$ (個)
 CaCl_2 1個 に Ca^{2+} は 1個 含まれるので、カルシウムイオンの数は 1.2×10^{24} (個)
 (もし塩化物イオン Cl^- の数を問われていたら、 CaCl_2 1個に Cl^- が 2個 含まれるので、求めるイオン数は $1.2 \times 10^{24} \times 2 = 2.4 \times 10^{24}$ (個) とする)
- (オ) $\frac{6.0 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} = 1.0 \text{ mol}$
- (カ) $\frac{3.0 \times 10^{24}}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} = 5.0 \text{ mol}$
- (キ) $\frac{1.5 \times 10^{22}}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} = 0.025 \text{ mol}$ ($2.5 \times 10^{-2} \text{ mol}$)
- (ク) $\frac{6.0 \times 10^{24}}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} = 10 \text{ mol}$

B (ア)~(エ)の質量、(オ)~(ク)の物質量をそれぞれ答えよ。

- (ア) 黒鉛 0.20 mol
- (イ) カルシウム 0.75 mol
- (ウ) 硫化水素 1.5 mol
- (エ) 酸化マグネシウム 0.30 mol
- (オ) ダイヤモンド 0.12 g
- (カ) マグネシウム 4.8 g
- (キ) 二酸化窒素 2.3 g
- (ク) 炭酸ナトリウム 5.3 g

- (ア) 黒鉛 C の原子量 12 モル質量 12 g/mol
 $0.20 \text{ mol} \times 12 \text{ g/mol} = 2.4 \text{ g}$
 原子量は周期表の裏表紙の値を使う
- (イ) カルシウム の原子量 40 モル質量 40 g/mol
 $0.75 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 30 \text{ g}$
- (ウ) 硫化水素 H_2S 分子量 $1.0 \times 2 + 32 = 34$ モル質量 34 g/mol (原子量参照)
 $1.5 \text{ mol} \times 34 \text{ g/mol} = 51 \text{ g}$
- (エ) 酸化マグネシウム MgO 分子量 $24 + 16 = 40$ モル質量 40 g/mol
 $0.30 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 12 \text{ g}$
- (オ) ダイヤモンドは黒鉛と同じく炭素 C でできている
 炭素のモル質量 12 g/mol
 $0.12 \text{ g} \times \frac{1}{12 \text{ g/mol}} = 0.010 \text{ mol}$
- (カ) マグネシウムのモル質量 24 g/mol
 $\frac{4.8 \text{ g}}{24 \text{ g/mol}} = 0.20 \text{ mol}$
- (キ) 二酸化窒素 NO_2 N: 14 g/mol O: 16 g/mol
 NO_2 のモル質量 $14 + 16 \times 2 = 46 \text{ g/mol}$
 $\frac{2.3 \text{ g}}{46 \text{ g/mol}} = 0.050 \text{ mol}$ ($5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$)
- (ク) 炭酸ナトリウム... 炭酸イオン CO_3^{2-} と ナトリウムイオン Na^+ からなる
 炭酸ナトリウム Na_2CO_3 のモル質量 Na: 23 g/mol C: 12 g/mol O: 16 g/mol
 $23 \times 2 + 12 + 16 \times 3 = 106 \text{ g/mol}$
 $\frac{5.3 \text{ g}}{106 \text{ g/mol}} = 0.050 \text{ mol}$ ($5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$)

d (ア)~(イ)の^L体積、(ウ)~(カ)の^{mol}物質量をそれぞれ答えよ。
ただし、気体はすべて標準状態とする。

- (ア) 酸素 0.25 mol (イ) ヘリウム 2.5 mol (ア)・(イ) → (物質 → 体積) mol → L mol
(ウ) 水素 22.4 L (エ) 塩化水素 67.2 L } L → mol mol
(オ) アンモニア 8.96 L (カ) 硫化水素 5.60 L } (体積 → 物質) mol → L mol

(ア) $0.25 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 5.6 \text{ L}$
 (イ) $2.5 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 5.6 \text{ L}$
 (ウ) $\frac{22.4 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 1.0 \text{ mol}$ (エ) $\frac{67.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 3.0 \text{ mol}$
 (オ) $\frac{8.96 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.400 \text{ mol}$ (カ) $\frac{5.60 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.25 \text{ mol}$
 (4.00 × 10⁻¹ mol)

D (ア)~(エ)の^g質量、(オ)~(ク)の^(個)粒子の数をそれぞれ答えよ。

- (ア) 水素原子 6.0 × 10²³ 個 (イ) 鉄原子 3.0 × 10²³ 個 } ① 個 → mol → g ② mol → g
 (ウ) 水分子 2.0 × 10²³ 個 (エ) アルミニウムイオン 2.0 × 10²⁴ 個 } ① 個 → mol → g ② mol → g
 (オ) ダイヤモンド 0.12 g 中の炭素原子 } ① 個 → mol → g ② mol → g
 (カ) マグネシウム 4.8 g 中のマグネシウム原子 } ① 個 → mol → g ② mol → g
 (キ) 二酸化窒素 2.3 g 中の二酸化窒素分子 } ① 個 → mol → g ② mol → g
 (ク) 炭酸ナトリウム 53 g 中のナトリウムイオン } ① 個 → mol → g ② mol → g

(ア) 6.0×10^{23} 個は $\frac{6.0 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} = 1.0 \text{ mol}$
 水素原子のモル質量は 1.0 g/mol なので、
 水素原子 6.0×10^{23} 個の質量は $1.0 \text{ mol} \times 1.0 \text{ g/mol} = 1.0 \text{ g}$
 (イ) 3.0×10^{23} 個は $\frac{3.0 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} = 0.50 \text{ mol}$
 鉄 Fe のモル質量は 56 g/mol なので、
 鉄原子 3.0×10^{23} 個の質量は $0.50 \text{ mol} \times 56 \text{ g/mol} = 28 \text{ g}$

(ウ) $\frac{2.0 \times 10^{22}}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} = \frac{1.0}{30} \text{ mol}$ 水分子のモル質量 $1.0 \times 2 + 16 = 18 \text{ g/mol}$
 (H₂O) $\frac{1.0}{30} \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 0.60 \text{ mol}$

(エ) $\frac{2.0 \times 10^{22}}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} = \frac{1.0}{30} \text{ mol}$ アルミニウム 27 g/mol
 モル質量
 ② → $\frac{1.0}{30} \text{ mol} \times 27 \text{ g/mol} = 90 \text{ g}$

(オ) 炭素 モル質量 12 g/mol
 ダイヤモンド 0.12 g は $\frac{0.12 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} = 0.010 \text{ mol}$
 (炭素) ① g → mol
 ② mol → 個数
 炭素 0.010 mol の個数は $0.010 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 6.0 \times 10^{21}$ (個)

(カ) マグネシウム モル質量 24 g/mol
 マグネシウム 4.8 g は $\frac{4.8 \text{ g}}{24 \text{ g/mol}} = 0.20 \text{ mol}$
 マグネシウム 0.20 mol は $0.20 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 1.2 \times 10^{23}$ (個)

(キ) 二酸化窒素 NO₂ 46 g/mol
 $\frac{2.3 \text{ g}}{46 \text{ g/mol}} = 0.050 \text{ mol}$ $0.050 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 3.0 \times 10^{22}$ (個)

(ク) 炭酸ナトリウム Na₂CO₃ 106 g/mol
 $\frac{53 \text{ g}}{106 \text{ g/mol}} = 0.50 \text{ mol}$ $0.50 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 3.0 \times 10^{23}$ (個)

E (ア)~(イ)の^L体積、(ウ)~(カ)の^g質量をそれぞれ答えよ。
 ただし、気体はすべて標準状態とする。

- (ア) メタン 4.0 g (イ) 一酸化炭素 7.0 g } ① g → mol → L ② mol → L
 (ウ) 酸素 22.4 L (エ) アンモニア 67.2 L } L → mol → g ① mol → g ② mol → L
 (オ) 硫化水素 11.2 L (カ) ヘリウム 4.48 L } ① mol → L ② mol → L

(ア) x9> CH₄ モル質量 12 + 1.0 × 4 = 16 g/mol
 x9> 4.0 g は $\frac{4.0 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = \frac{1}{4.0} \text{ mol}$
 x9> $\frac{1}{4.0} \text{ mol}$ の体積は $\frac{1}{4.0} \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 5.6 \text{ L}$
 ② mol → L

E (イ) 一酸化炭素 CO 分子量 $12+16=28 \text{ g/mol}$
 一酸化炭素 7.0 g は $\frac{7.0 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = \frac{1}{4.0} \text{ mol}$ ← ① (g → mol)
 一酸化炭素 $\frac{1}{4.0} \text{ mol}$ の体積は $\frac{1}{4.0} \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 5.6 \text{ L}$

(ウ) 酸素 O₂ 分子量 $16 \times 2 = 32 \text{ g/mol}$
 酸素 O₂ 22.4 L は $\frac{22.4 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 1.0 \text{ mol}$ ← ① (L → mol)
 酸素 O₂ 1.0 mol の質量は $1.0 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} = 32 \text{ g}$

(エ) アンモニア NH₃ 分子量 $14+1.0 \times 3 = 17 \text{ g/mol}$
 アンモニア 67.2 L は $\frac{67.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 3.0 \text{ mol}$ ← ① (L → mol)
 アンモニア 3.0 mol の質量は $3.0 \text{ mol} \times 17 \text{ g/mol} = 51 \text{ g}$

(オ) 硫化水素 H₂S 分子量 $1.0 \times 2 + 32 = 34 \text{ g/mol}$
 硫化水素は $\frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.500 \text{ mol}$ の質量は
 $0.500 \text{ mol} \times 34 \text{ g/mol} = 17 \text{ g}$

(カ) ヘリウム 分子量 4.0 g/mol
 ヘリウムは $\frac{4.48 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.200 \text{ mol}$ の質量は
 $0.200 \text{ mol} \times 4.0 \text{ g/mol} = 0.80 \text{ g}$

F (ア)~(エ)の粒子の数, (オ)~(カ)の体積をそれぞれ答えよ。
 ただし、気体はすべて標準状態とする。

- (ア) 水素 22.4 L 中の水素分子
 - (イ) 塩化水素 67.2 L 中の塩化水素分子
 - (ウ) アンモニア 3.36 L 中のアンモニア分子
 - (エ) 二酸化窒素 5.60 L 中の二酸化窒素分子
 - (オ) 酸素分子 1.5×10^{23} 個
 - (カ) オゾン分子 7.5×10^{23} 個
- L → mol → 個
 ① 分子量
 ② アボガドロ定数
 ③ 分子量
 ④ アボガドロ定数
 ⑤ 分子量

(ア) 水素 22.4 L は $\frac{22.4 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 1.0 \text{ mol}$ である。 ← ①
 水素 1.0 mol に含まれる水素分子の数は $1.0 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$
 ② → $= 6.0 \times 10^{23}$ (個)

(イ) 塩化水素 67.2 L は $\frac{67.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 3.0 \text{ mol}$ である。 ← ①
 塩化水素 3.0 mol の数は $3.0 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 1.8 \times 10^{24}$
 ② → $= 1.8 \times 10^{24}$ (個)

(ウ) $\frac{3.36 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.15 \text{ mol}$ ← ①
 $0.15 \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 0.90 \times 10^{23}$
 ② → $= 9.0 \times 10^{22}$ (個)

(エ) $\frac{5.60 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = \frac{1}{4.0} \text{ mol}$ ← ①
 $\frac{1}{4.0} \text{ mol} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} = 1.5 \times 10^{23}$ (個)
 ② →

(オ) 酸素分子 1.5×10^{23} 個は
 $\frac{1.5 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} = \frac{1}{4.0} \text{ mol}$ である。 ← ① (個 → mol)

酸素分子 $\frac{1}{4.0} \text{ mol}$ の体積は
 $22.4 \text{ L/mol} \times \frac{1}{4.0} \text{ mol} = 5.6 \text{ L}$

(カ) オゾン分子 7.5×10^{23} 個は
 $\frac{7.5 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23} / \text{mol}} = 1.25 \text{ mol}$ である。 ← ①

オゾン分子 1.25 mol の体積は
 $1.25 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 28 \text{ L}$

D 溶液の濃度

高校化学では濃度を表すのにも mol を用いる。

- _____ ... 溶媒に溶けている物質のこと
 _____ ... 溶質を溶かす液体のこと
 _____ ... 溶媒に溶質が溶けている状態の液体のこと

濃度

(1) _____ 濃度 ... 単位 [_____]

$$\frac{\text{の質量 [g]}}{\text{の質量 [g]}} \times 100$$

(2) _____ 濃度 ... 単位 [_____]

_____ 1 L あたり _____ 何 mol が溶けているか

1 mol/L の塩化ナトリウム水溶液をつくるには

① 塩化ナトリウム 1 mol を用意する。

NaCl ... g/mol NaCl 1 mol は _____ g

② 1 L の容器に量った塩化ナトリウムを入れ、
1 L の溶液となるように水を加える。

問 (1) 塩化ナトリウム 25 g を 100 g の水に溶かした
水溶液の質量パーセント濃度は何%か。

(2) 水酸化ナトリウム 2.0 g を水に溶かし 200 mL にした
溶液のモル濃度は何 mol/L か。

問1 (1) 質量パーセント濃度が 98% の硫酸 (1.8 g/cm^3) は
モル濃度は何 mol/L か。

(2) モル濃度が 12.0 mol/L の塩酸 (1.20 g/cm^3) の
質量パーセント濃度は何%か。

問2 (1) 質量パーセント濃度が 28% のアンモニア水
(0.90 g/cm^3) はモル濃度は何 mol/L か。

(2) モル濃度が 13.0 mol/L の硝酸 (1.4 g/cm^3) の
質量パーセント濃度は何%か。

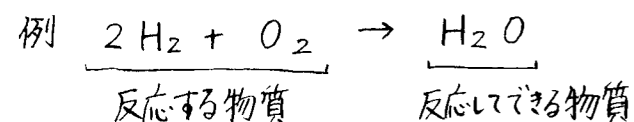
③ 化学反応式と物質

① 化学反応式

化学反応式…化学変化を表した式

左辺と右辺は_____で結ぶ

(普通は左から右の向きに結ぶ)

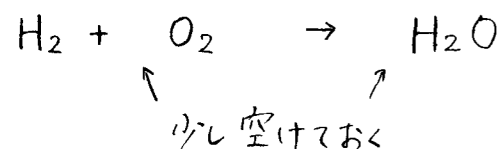


② 反応式の作り方

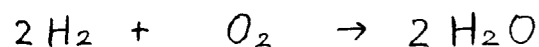
例 水素 H_2 と酸素 O_2 が反応して水 H_2O ができる反応

(1) 反応物を左辺, 生成物を右辺に書き, 矢印(\rightarrow)で結ぶ。

反応物… _____ 生成物… _____



(2) 左辺と右辺で原子の数がそろるように, 反応物・生成物の化学式に係数をつける。

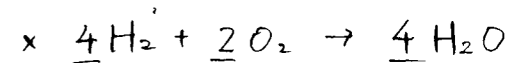


水素原子	H	(左辺)	$2 \times 2 = 4$ 個	} 同じ
		(右辺)	$2 \times 2 = 4$ 個	
酸素原子	O	(左辺)	$2 \times 1 = 2$ 個	} 同じ
		(右辺)	$1 \times 2 = 2$ 個	

注・係数の1は省略する

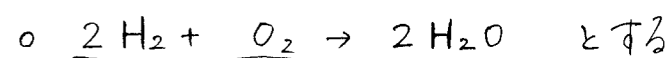
× $2\text{H}_2 + 1\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ とは書かない

・係数は最も簡単な整数比にする

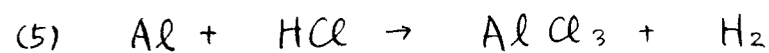
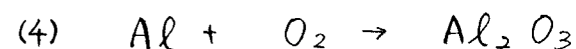
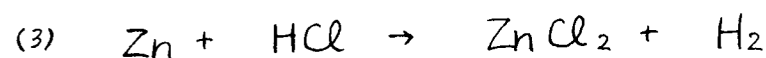
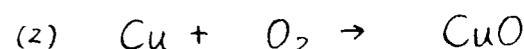
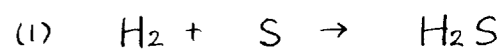


これは完全に間違いとはいえないが

$4:2:4 = 2:1:2$ であるので, 普通は



問 係数をつけ, 次の化学反応式を完成させよ。



係数を見つけるには慣れが必要

② イオン反応式

化学反応式と同様に, イオンの反応を表した式



左辺と右辺とで電荷の合計は _____ にする

(左辺) 正電荷 +1 (Ag^+ が1つ) 負電荷 -1 (Cl^- が1つ)

合計すると 0

(右辺) 電荷 0 (AgCl は中性・正電荷も負電荷もない)

② 反応式の係数の決め方

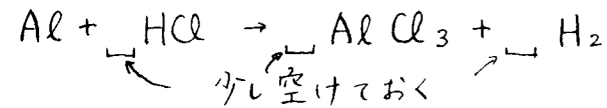
当てずっぽうではなく、一つ一つの順を追って考える。

反応式が { 簡単ならば (A) ある化学式の係数を1と仮定して他の係数を決めていく
複雑ならば (B) それぞれの化学式の係数を文字でおき (A)のやり方でできなければ 連立させて求める (未定係数法)

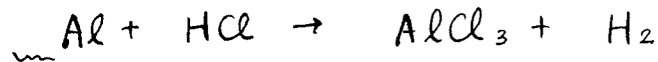
問 アルミニウムが塩化水素と反応して塩化アルミニウムと水素が生じる反応の化学反応式を示せ。

(A)の解き方

(1) 反応物・生成物を書く。



(2) 何かの物質(例えばAl)の係数を1と仮定する。



(3) (2)で係数を1と仮定した原子の数が左辺と右辺で同じとなるように他の係数を決める。

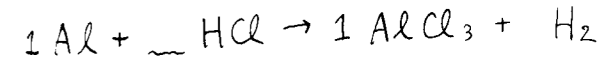
Alの左辺での数は1なので、
右辺でも1となるようにAlCl₃の係数を1とする。



(4) (3)以外の原子の数についても左辺と右辺で同じとなるように係数を決めていく。

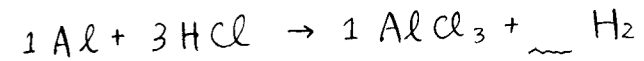
- (3), (4)で決める係数は「仮」の数であるので、分数となってもよい。最後に調整できる。

AlCl₃の係数を1としたので、Clの数は右辺では3となった。そのため、左辺でも3となるように、左辺のHClの係数も3とする。

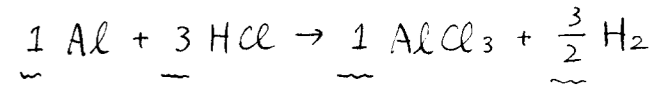


HClの係数を3としたので、Hの数は左辺では3となった。そのため、右辺でも3となるように、右辺のH₂の係数を $\frac{3}{2}$ とする。

$$(x \text{ H}_2 \dots \text{Hが } 2 \times x \text{ 個 } \quad 2x = 3 \text{ のとき } x = \frac{3}{2})$$

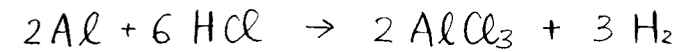


(5) 次に化学式の係数が最も簡単な整数比になるように直し、化学反応式を完成させる。



$$1 : 3 : 1 : \frac{3}{2} = \underline{\quad} : \quad : \quad : 3$$

化学反応式は次のとおりになる。



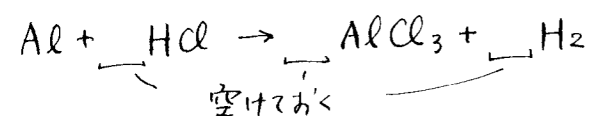
(6) 最後に、組み立てた反応式において各原子の数が左辺と右辺でそろいか確認する。

{	Al	左辺	_____ 個	右辺	_____ 個
	H	左辺	_____ 個	右辺	$2x = \underline{\quad}$ 個
	Cl	左辺	_____ 個	右辺	$3x = \underline{\quad}$ 個

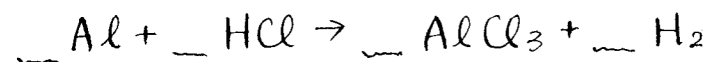
数があわないときは間違いを探すが、次の(B)の方法を試す。

(B)の解き方 (未定係数法)

(1) 反応物・生成物を書く。



(2) それぞれの物質の係数を文字でおく。



(3) 全ての種類の原子について、その数が左辺と右辺でそろわなければならないので、その関係式を立てる。

$$\text{Al} \quad \underline{\quad} = \underline{\quad}$$

$$\text{H} \quad \underline{\quad} = \underline{\quad} \times 2$$

$$\text{Cl} \quad \underline{\quad} = \underline{\quad} \times 3$$

(4) (3)で得た関係を整理し、 $a=1$ として他の文字の値を探る。

$$\begin{cases} a=c & \text{--- ①} \\ b=2d & \text{--- ②} \\ b=3c & \text{--- ③} \end{cases}$$

$$a=1 \text{ とすると ① より } c = \underline{\quad}$$

$$\text{この } c \text{ の値を ③ に代入すると } b = \underline{\quad}$$

$$\text{この } b \text{ の値を ② に代入すると } d = \underline{\quad}$$

以上より、 a, b, c, d の関係は

$$a:b:c:d = 1:\underline{\quad}:\underline{\quad}:\underline{\quad}$$

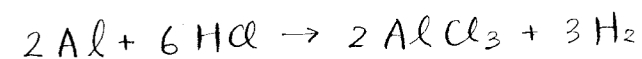
となる。

(5) 係数の比が最も簡単な整数比になるように直し、化学反応式を完成させる。

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

$$= \underline{\quad}:\underline{\quad}:\underline{\quad}:\underline{\quad}$$

化学反応式は



(6) 組み立てた反応式において各原子の数が左辺と右辺でそろうか確かめる。(A)と同様)