

1 原子量・分子量・式量

○原子量

- 原子の相対質量…原子の本当の質量は非常に小さいため、ある基準を決めて原子の質量を表わした数値。

『炭素原子 ^{12}C の質量を 12 とし、これを基準とした他の原子 1 個の相対質量（単位なし）。』

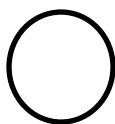
例



ビー玉

3 g

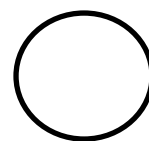
= 1



野球のボール

300 g

= 100



鉄の玉

3000g

= 1000

^{12}C

$2.0 \times 10^{-23} \text{ g}$

= 12.0

^{13}C

$2.17 \times 10^{-23} \text{ g}$

= 13.00

^1H

$0.168 \times 10^{-23} \text{ g}$

= 1.008

^{23}Na

$3.82 \times 10^{-23} \text{ g}$

= 22.99

- 原子量…各原子には同位体が存在するので、その相対質量の平均値を計算し、その値を原子量とする。

例

炭素には $\left\{ \begin{array}{l} ^{12}\text{C} \text{ (相対質量 : 12) } = 98.93\% \text{ (} ^{12}\text{C} \text{ の存在比)} \\ ^{13}\text{C} \text{ (相対質量 : 13) } = 1.07\% \text{ (} ^{13}\text{C} \text{ の存在比)} \end{array} \right.$

$$\text{炭素の原子量} = 12 \times \frac{98.93}{100} + 13 \times \frac{1.07}{100}$$

(問) 塩素には、相対質量が 35.0 の ^{35}Cl と 37.0 の ^{37}Cl があり、存在比はそれぞれ 75.8% と 24.2% である。塩素の原子量を求めよ。

$$\text{塩素の原子量} = 35.0 \times \frac{75.8}{100} + 37.0 \times \frac{24.2}{100} = 26.5 + 8.954$$

$$= 35.484$$

$$\doteq 35.5$$

○分子量…分子式に含まれる元素の原子量の総和

$$\text{H}=1 \quad \text{C}=12 \quad \text{N}=14 \quad \text{O}=16 \quad \text{S}=32$$

$$\text{H}_2\text{O}=18$$

$$\text{NH}_3=17$$

$$\text{CO}_2=44$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4=98$$

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6=180$$

○式量…組成式やイオン式に含まれる元素の原子量の総和

$$\text{Na}=23 \quad \text{Cl}=35.5 \quad \text{Ca}=40$$

・単原子イオン

$$\text{Na}^+=23 \quad \text{Cl}^-=35.5$$

・他原子イオン

$$\text{OH}^-=17$$

$$\text{NH}_4^+=17$$

$$\text{NaCl}=58.5$$

$$\text{Ca(OH)}_2=74$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3=106$$

2 物質 [mol(モル)]

鉛筆 12 本 \longrightarrow (1 ダース)

米 7500 個 \longrightarrow (1 合)

1 粒 = 約 0.02 g = 0.024 mL 1 合 = 約 150 g = 180 mL

『原子量に g (グラム) を付けた量の中に存在する原子数を基準とする。』

例： C (炭素) 12 g 中に含まれている。炭素原子の数を求めてみる。

[C (炭素) 原子 1 個の質量は 2.0×10^{-23} g とする。]

$$\text{C 原子の個数} = \frac{12}{2.0 \times 10^{-23}} = 6.0 \times 10^{23} \text{ 個}$$

6.0×10^{23} 個分を 1 集団とみる \Rightarrow 1 mol (モル)

アボガドロ定数 (NA) : $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ molecule (分子) より

○ C (炭素) 1 個の質量を $12a$ g とすると N (窒素), O (酸素) の質量は $14a$ g, $16a$ g とおける。

1. C (炭素) 12 g 中に含まれている。炭素原子の数を求めてみる。

$$\text{C 原子の個数} = \frac{12}{12a} = \frac{1}{a} = 6.0 \times 10^{23} \text{ 個}$$

2. N (窒素) 14 g 中に含まれている。窒素原子の数を求めてみる。

$$\text{N 原子の個数} = \frac{14}{14a} = \frac{1}{a} = 6.0 \times 10^{23} \text{ 個}$$

3. O (酸素) 16 g 中に含まれている。酸素原子の数を求めてみる。

$$\text{O 原子の個数} = \frac{16}{16a} = \frac{1}{a} = 6.0 \times 10^{23} \text{ 個}$$

結論

原子量 + g	\longleftrightarrow	原子	6.0×10^{23} 個	\longleftrightarrow	原子	1 mol
分子量 + g	\longleftrightarrow	分子	6.0×10^{23} 個	\longleftrightarrow	分子	1 mol
式量 + g	\longleftrightarrow	粒子	6.0×10^{23} 個	\longleftrightarrow	粒子	1 mol

例題 1

水 36 g の物質質量は何 mol か。また、水素原子は何個含まれるか。 $H_2O=18$

水 18 g \longleftrightarrow H_2O 分子 6.0×10^{23} 個 \longleftrightarrow H_2O 分子 1 mol

$$18 \text{ g} : 1 \text{ mol} = 36 \text{ g} : x \text{ mol} \quad x = 2.0 \text{ mol}$$

H_2O 分子 1 個の中に H 原子は 2 個入っている。

H_2O 分子 $2 \times 6.0 \times 10^{23}$ 個の中に H 原子は $2 \times 2 \times 6.0 \times 10^{23}$ 個入っている。

$$= 2 \text{ mol}$$

$$= 24 \times 10^{23} \text{ 個}$$

○気体の体積と物質質量

アボガドロの法則…「同温・同圧のもとで、同体積の気体は、気体の種類に関係なく同じ個数の分子を含んでいる。」

(このことを実験により測定してみると)

『 0°C 、 1013hPa という条件では気体 1 mol の体積は、気体の種類に関係なく 22.4L である 』

例題 2

標準状態で 5.6L の体積を占める酸素の物質質量は何 mol か。また、酸素分子何個含まれているか。

$$22.4\text{L} (0^\circ\text{C}, 1013\text{hPa}) : 1 \text{ mol} = 5.6\text{L} : n \text{ mol}$$

$$n = 5.6 / 22.4 = 0.25 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol} : 6.0 \times 10^{23} \text{ 個} = 0.25 : x$$

$$x = 0.25 \times 6.0 \times 10^{23} = 1.5 \times 10^{23} \text{ 個}$$

○mol を使う理由

原子・分子・イオンは 1 個の重さが非常に小さくて使用が不便である。



大きい数の集団を 1 単位として基準を決め、しかも原子量などの値を利用できるようにする。

D 溶液の濃度

○溶液

溶液 { (溶媒) …物質を溶かす液体
(溶質) …溶媒に溶けた物質

○質量パーセント濃度

溶液 100 g 中の溶質の質量で表す。

質量パーセント濃度 (%)

$$= \frac{\text{溶質の質量(g)}}{\text{溶液の質量(g)}} \times 100$$
$$= \frac{\text{溶質の質量(g)}}{\text{溶媒の質量(g)} + \text{溶質の質量(g)}} \times 100$$

○モル濃度

溶液 1L 中の溶液の物質質量で表す。

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

$$\text{溶質の物質質量 (mol)} = \frac{\text{溶質の質量(g)}}{\text{溶質の式量 (分子量)}}$$

参考：密度 (g/cm³) = $\frac{\text{質量 (g)}}{\text{体積 (cm³)}$

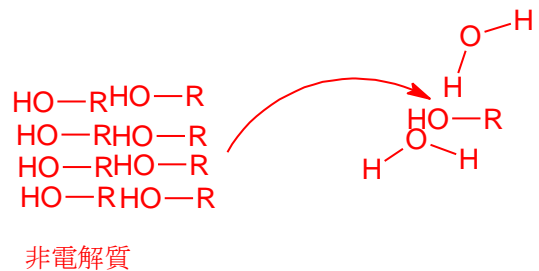
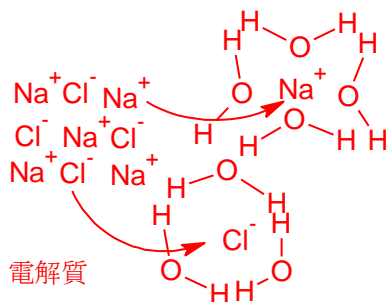
○電解質と非電解質

①電離…物質がイオンに分離すること

②電解質…水溶液中で電離する物質 ([イオン] 結合からできる物質が多い)。

③非電解質…水溶液中で電離しない物質 ([共有] 結合からできる物質が多い)

○水和について

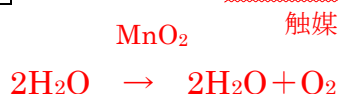


3 化学の基本法則と化学反応式

○化学反応式のつくり方

- ①反応物を左辺に、生成物を右辺に化学式を書き、→で結ぶ。
- ②左辺と右辺のそれぞれの原子の数が等しくなるように係数をつける。この数は最も簡単な整数の比にし、1は省略する。
- ③反応に関係していても化学変化をしない物質（溶媒、触媒など）は化学反応式中に書かない。

例 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を加えたら、酸素が発生した。



○イオン反応式

イオン式を含む反応式。左辺と右辺のそれぞれの原子の数が等しいのに加え、左辺と右辺のそれぞれの電荷の総和が等しい。

○係数をつける練習

・暗算法

1. メタンが燃えて二酸化炭素と水になる。



2. 窒素と水素が化合してアンモニアを作る。



・未定係数法（それぞれの原子の個数の関係式を導き出し方程式として求める方法）

例： $a\text{Cu} + b\text{HNO}_3 \rightarrow c\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + d\text{H}_2\text{O} + e\text{NO}$

$a=1$ とすると $c=1$

H について

$$b=2d \cdots \textcircled{1}$$

O について

$$3b=6+d+e \cdots \textcircled{2}$$

N について

$$b=2+e \cdots \textcircled{3}$$

②に①、③を代入

$$3b=6+(b/2)+b-2$$

$$(3/2)b=4$$

$$b=8/3, d=4/3, e=2/3$$



○化学の基本法則

①質量保存の法則…化学反応の前後で、物質の質量の総和は変わらない。

[ラボアジエ]

②定比例の法則…1つの化合物中の成分元素の質量の比は一定である。

[プルースト]

③倍数比例の法則…2種類の元素が化合してできる物質が数種類あるとき、一方の元素の一定量と化合している他方の元素の質量の比は、簡単な整数比となる。

[ドルトン]

④原子説…すべての元素は、一定の質量と大きさをもつ原子からなる。

[ドルトン]

⑤気体反応の法則…同温・同圧において、反応する気体、生成する気体の体積の比は簡単な整数比となる。

[ゲーリュサック]

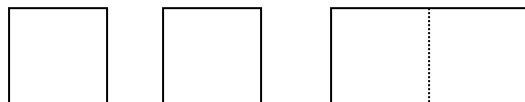
⑥アボガドロの法則…同温・同圧において、すべての気体は同体積中に同数の分子を含む。

[アボガドロ]

○アボガドロの分子説について

1800年代ゲーリュサックは反応気体、生成気体の同温・同圧下での体積を測定すると整数比が成り立つ事を見出した。

例



水素

塩素

塩化水素

1

1

2

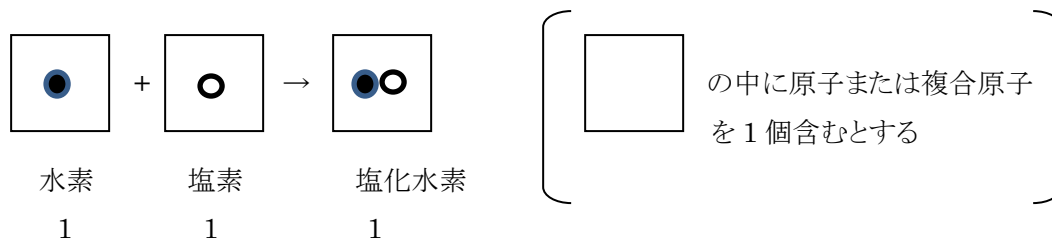
この理由をゲーリュサックはその当時の一般的な考え方であったドルトンの原子説で説明しようと試みた。その結果以下のような仮説を発表した。

(1) 自然の根本はsimple⇒すべての物質はそれ以上分割できない粒子(原子)からなる。

したがって、単体の気体は1原子からなる。

(2) すべての気体は同温・同圧下で同体積中に同数の原子または複合原子を含む。

この仮説より実験結果を予測すると



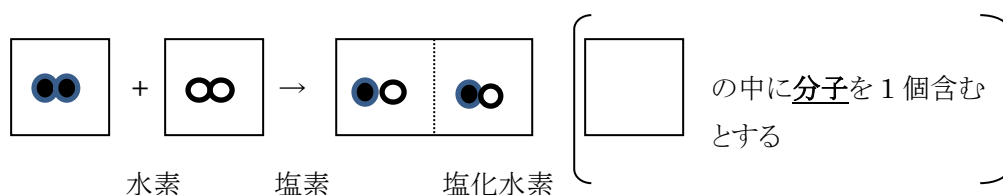
で実験結果と一致しない…なぜだ！

当時の化学反応の常識…原子と原子が結合するのは、原子が正負どちらかの電気力を持ち、正と負の力で引き合うからだ。

例：水素原子と塩素原子をまぜると塩化水素が生じることは分っていた。この理由は水素原子が(+)に、塩素原子が(-)に帯電しているために、混ぜ合わせると塩化水素(+-)が生じると考えられていた。したがって、H-H分子なんて(+++)だから非常識である。

このことに対するアボガドロの見解

- (1)それぞれの気体は、何個かの原子が結合した(**分子**)という粒子からできている。
- (2)すべての気体は、同温・同圧で同体積中に同数の(**分子**)を含んでいる。(アボガドロの法則 1811年)



『実験結果と一致する』

この分子説が認められたのは発表から約 50 年後 (1860)、アボガドロの死後 4 年である。また、実験で正確に確認されたのは 100 年後である。

化学の参考書などにはアボガドロの分子説、仮説などの言葉が出てくる。これは当時の化学界が非常に閉鎖的で、彼が無視され続けたためである。

アボガドロ (イタリア 1776~1856 20 歳まで法律家をしていたが、1800 年から独学で数学、物理を学び大学教授となる。1811 年に分子説を発表した。)

C 化学反応式とその量的関係

○化学反応式とその量的関係

例	窒素	+	水素	→	アンモニア
化学反応式	N_2	+	$3H_2$	→	$2NH_3$
物質質量	1mol		3mol		2mol
分子数	6.0×10^{23} 個		$3 \times 6.0 \times 10^{23}$ $= 1.8 \times 10^{24}$ 個		$2 \times 6.0 \times 10^{23}$ $= 1.2 \times 10^{24}$ 個
質量	28 g		3×2 $= 6$ g		2×17 $= 34$ g
標準状態での 気体の体積	22.4L		3×22.4 $= 67.2$ L		2×22.4 $= 44.8$ L

H=1 C=12 O=16 Al=27 Cl=35.5 Ca=40

例題7 プロパン C_3H_8 22g の完全燃焼について、次の問いに答えよ。

- (1) 生成する水の物質質量は何 mol か。
- (2) 生成する二酸化炭素の質量は何 g か。
- (3) 燃焼に必要な酸素の体積は、標準状態で何 L か。



反応前 $\frac{22g}{44g/mol}$

$= 0.50mol$ 多い 0 0

反応 -0.50 0.50×5 0.50×3 0.50×4

反応後 0 多い 1.5 2.0

- (1) 生成する水の物質質量 $= 2.0mol$
- (2) 生成する二酸化炭素の物質質量 $= 1.5mol$
生成する二酸化炭素の質量 $= 44g/mol \times 1.5mol = 66g$
- (3) 燃焼に必要な酸素の物質質量 $= 0.50mol \times 5 = 2.5mol$
標準状態における気体のモル体積は $22.4L/mol$ であるから、
 $22.4L/mol \times 2.5mol = 56L$

類題 7b アルミニウムに塩酸を加えると、塩化アルミニウムと水素が生成する。アルミニウム 5.40g を完全に反応させる場合について、次の問いに答えよ。ただし、原子量は H=1.00, Al=27.0, Cl=35.5 とする。

- (1) 生成する水素の体積は標準状態で何 L か。
- (2) 生成する塩化アルミニウムは何 g か。
- (3) 反応に必要な塩化水素は何 mol か。
- (4) 反応に必要な 1.20mol/L の塩酸の体積は何 mL か。

解 この反応の化学反応式と物質量の比は、次のようになる。



反応前	$\frac{5.4\text{g}}{27\text{g/mol}}$	多い	0	0
	=0.20			
反応	-0.20	-0.60	+0.20	+0.30
反応後	0	多い	0.20	0.30

- (1) 水素の体積 = $0.30 \times 22.4 = 6.72\text{L}$
- (2) 塩化アルミニウム(g) = $0.20 \times 133.5 = 26.7\text{g}$
- (3) 必要な塩化水素(mol) = 0.6mol
- (4) 必要な塩酸の体積を V mL とすると

$$1.20 \text{ mol/L} \times \frac{V \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} = 0.6 \text{ mol} \quad V = 500 \text{ mL}$$

例題 8 酸化カルシウム CaO 5.6g に水 5.4g を加えると、熱を発生しながら水酸化カルシウムが生成する。次の問いに答えよ。

- (1) 生成する水酸化カルシウムの質量は何 g か。
- (2) 反応せずに残る物質は何か。また、その質量は何 g か。



反応前	$\frac{5.6\text{g}}{56\text{g/mol}}$	$\frac{5.4\text{g}}{18\text{g/mol}}$	0
	=0.10	=0.30	
反応	-0.10	-0.10	+0.10
反応後	0	0.20	0.10

- (1) Ca(OH)₂ (式量 74) は 0.10mol 生成するので、その質量 = $74\text{g/mol} \times 0.10\text{mol} = 7.4\text{g}$
- (2) 反応せずに残る物質は水 H₂O であり、その質量 = $18\text{g/mol} \times 0.20\text{mol} = 3.6\text{g}$