「化学基礎」授業プリント④

物質量と化学反応式

○原子の相対質量

原子１個の質量はものすごく小さいので、そのまま書くのは大変である。

そこで、次のような基準を決める。

^{12}C の質量を_____とする

他の原子の質量は、これを基準にして決める。

このような値を、原子の_____という。

（例）　^{1}H の相対質量　＝

○原子量

それぞれの原子には_____が存在する。

そのことを踏まえ、それぞれの原子の相対質量の平均値を求める。

このような値を_____という。

（例）　C の原子量　＝

（練習）塩素には、^{35}Cl（相対質量 35.0）と ^{37}Cl（相対質量 37.0）の同位体があり、
存在比はそれぞれ 75.0 %　と 25.0 %　である。塩素の原子量を求めよ。

○分子量

分子の質量は、分子に含まれる各原子の原子量の＿＿＿＿で表すことができる。
この値を＿＿＿＿＿＿＿という。

（例） CO_2 の分子量 ＝

○式量

分子以外の物質（イオン、イオン結晶、金属、共有結合結晶など）の質量は、
化学式に含まれる原子の原子量の＿＿＿＿で表す。
この値を＿＿＿＿＿＿＿という。

＿＿＿＿＿＿＿の質量は原子全体に比べて無視できるほど
小さいから、電子の増減の影響は考えなくてよい

（例） CO_3^{2-} の式量 ＝

$CaCO_3$ の式量 ＝

Cu の式量 ＝

ダイヤモンド式量 ＝

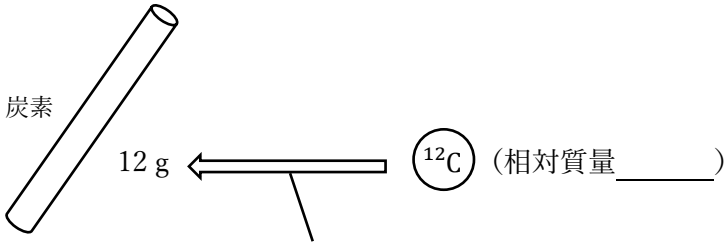
（練習）次の各物質の分子量または式量を求めよ。

H_2O　　NH_3　　S^{2-}　　NO_3^-　　NaOH　　$CuSO_4$

○アボガドロ定数と物質量

身のまわりの物体に含まれている原子や分子の数について考える。

^{12}C の場合、次のようになっている。

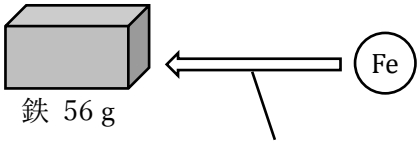


（相対質量＿＿＿）

＿＿＿＿＿＿＿＿個 集まっている

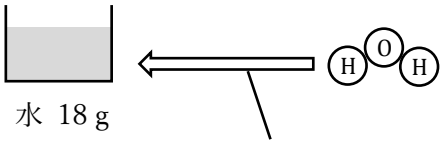
この値を＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿という。

他の物体に含まれる原子や分子の数も、同じように理解できる。



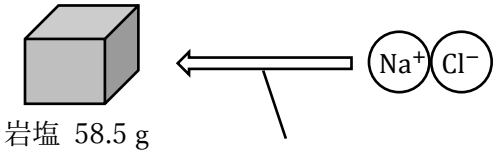
（原子量＿＿＿）

＿＿＿＿＿＿＿＿個 集まっている



（分子量＿＿＿）

＿＿＿＿＿＿＿＿個 集まっている



（式量＿＿＿）

＿＿＿＿＿＿＿＿個 集まっている

以上のことから、

原子や分子の＿＿＿＿＿＿＿個の集まり ＝ ＿＿＿＿＿＿

として物質の量を数えると、便利なことが分かる。

このような数え方を＿＿＿＿＿＿という。

⇩

物質 1 mol の質量（＝＿＿＿＿＿＿）＝ 物質の原子量・分子量・式量

となる。

（例）アルミニウムのモル質量 ＝

二酸化炭素のモル質量 ＝

（練習）次の各問いに答えよ（アボガドロ数を 6.0×10^{23} /mol として計算せよ）。

(1) 二酸化炭素 2.0 mol に含まれる二酸化炭素分子は何個か。

(2) 9.0×10^{23} 個のアンモニア分子は何 mol か。

(3) 0.50 mol の水には、何個の水素原子が含まれているか。

(4) ナトリウム 3.0 mol の質量は何 g か。

(5) 二酸化炭素 66 g は何 mol か。

(6) 酸素 1.0 mol の質量は何 g か。

(7) 塩化ナトリウム 117 g 中に含まれる塩化物イオン Cl^- は何 mol か。

(8) 水分子 1 個の質量は何 g か。

○気体の体積と気体分子の数の関係

身近に存在する空気の中には、どのくらいの数の気体分子があるのか考える。

⇩

ある体積の中に含まれる気体分子の数は、＿＿＿＿＿と＿＿＿＿＿によって変わるが、逆に

「＿＿＿＿＿と＿＿＿＿＿が一定なら（＿＿＿＿＿＿＿なら）、

一定体積の中に含まれる気体分子の数は一定である。」

‖

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿の法則

⇩

標準状態（＿＿＿℃、＿＿＿＿＿＿＿＿Pa（＝1 atm））では、

＿＿＿＿L の中に 1 mol（＝6.0×10^{23} 個）の気体分子が入っている。

（練習）次の各問いに答えよ（アボガドロ数を 6.0×10^{23} /mol として計算せよ）。

(1) 水素 2.0 mol の体積は標準状態で何 L か。

(2) 標準状態で 56 L を占める酸素は何 mol か。

(3) 標準状態で 11.2 L の水素の中に含まれる水素分子は何個か。

(4) 標準状態で 44.8 L の窒素は何 g か。

(5) 窒素 4：酸素 1 の割合からなる空気の平均分子量を求めよ。

○溶液の濃度

溶液の濃度はいろいろな表し方があるが、よく使われるのは次の２つ。

$$\text{質量パーセント濃度（\%）} = \frac{\text{の質量}}{\text{の質量} + \text{の質量}} \times 100$$

$$\text{モル濃度（mol/L）} = \frac{\quad}{\quad}$$

（練習）次の各問いに答えよ。

(1) 水 100 g に食塩 25 g を溶かして作った食塩水の質量パーセント濃度を求めよ。

(2) 水に塩化ナトリウム 0.50 mol を溶かして、体積 2.0 L の塩化ナトリウム水溶液を作った。この水溶液のモル濃度を求めよ。

(3) 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 200 mL 中に含まれる水酸化ナトリウムは何 mol か。

(4) 質量パーセント濃度が 17 % の硝酸ナトリウム $NaNO_3$ 水溶液がある。この水溶液の密度が 1.1 g/mL のとき、この水溶液のモル濃度を求めよ（ $NaNO_3$ の式量は 85）。

(5) 密度 1.1 g/mL で 6.0 mol/L の塩酸（塩化水素 HCl の水溶液）がある。この水溶液の質量パーセント濃度を求めよ。

○化学反応式（化学式を使って化学変化を表す式）の書き方

手順①　反応前と反応後の物質をそれぞれ化学式で表し、→ でつなぐ。

手順②　→ の左と右で、それぞれの原子の数が等しくなるよう係数をつける。

コツ：登場回数の＿＿＿＿＿＿ものの係数を先につける

手順③　分数の係数がある場合は、整数にする。

例：「メタン CH_4 が完全燃焼すると、二酸化炭素と水ができる」という化学変化を化学反応式で表す。

手順①　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

手順②　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

手順③　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

例：「エタン C_2H_6 が完全燃焼すると、二酸化炭素と水ができる」という化学変化を化学反応式で表す。

手順①　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

手順②　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

手順③　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

（練習）次の化学反応式にそれぞれ係数をつけて完成させよ。

(1) $Mg + O_2 \rightarrow MgO$

(2) $KI + Cl_2 \rightarrow KCl + I_2$

(3) $H_2S + SO_2 \rightarrow H_2O + S$

(4) $C_2H_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

（練習）次の化学変化をそれぞれ化学反応式で表せ。

(1) マグネシウムに塩酸 HCl を加えると、水素と塩化マグネシウム $MgCl_2$ が生じる。

(2) メタノール CH_3OH が完全燃焼すると、二酸化炭素と水ができる。

○イオン反応式（イオンを含む化学反応式）のポイント

→ の左と右で、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿が等しくなる

例:「塩化物イオン Cl^- を含む水溶液に銀イオン Ag^+ を加えると、塩化銀 AgCl（白色沈殿）ができる」という化学変化をイオン反応式で表す。

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

（練習）次の化学変化をそれぞれイオン反応式で表せ。

(1) 銀イオン Ag^+ を含む水溶液に銅 Cu を入れると、銀イオンは銀 Ag になって析出し、銅は銅イオン Cu^{2+} となって溶ける。

(2) 銅イオン Cu^{2+} を含む水溶液にアルミニウム Al を入れると、銅イオンは銅 Cu になって析出し、アルミニウムはアルミニウムイオン Al^{3+} となって溶ける。

○化学反応式から分かる量的関係

化学反応式は、反応する物質の量的な関係も示している。

化学反応式の ＿＿＿＿＿＿＿＿ ＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿

例：　CH_4 ＋ $2O_2$ → CO_2 ＋ $2H_2O$

分子　＿＿個　と　＿＿個　が反応して　＿＿個　と　＿＿個　ができる

↓ 6.0×10^{23} 個 集まると

物質量　＿＿mol　と　＿＿mol　が反応して　＿＿mol　と　＿＿mol　ができる

（練習）プロパンの完全燃焼は、次の化学反応式で表される。プロパン 1.00 mol を完全燃焼させるとき、生成する二酸化炭素と水はそれぞれ何 g か。

C_3H_8 ＋ $5O_2$ → $3CO_2$ ＋ $4H_2O$

（練習）マグネシウムと塩酸は、次のように反応する。マグネシウム 0.240 g を完全に反応させたときに発生する水素は、標準状態で何 L か。

$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$$

（練習）窒素と水素は、次のように反応する。標準状態で 1.12 L の窒素を完全に反応させるには、何 mol の水素が必要か。また、そのときに発生するアンモニアは何 g か。

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$$

（練習）メタンの完全燃焼は次の化学反応式で表される。メタン 1.6 g と酸素 9.6 g を混合してメタンを燃焼させたところ、生成物として二酸化炭素と水が得られた。このとき、反応せずに残るのはメタンと酸素のどちらか。また、生成する二酸化炭素は何 g か。

$$CH_4 \quad + \quad 2O_2 \quad \rightarrow \quad CO_2 \quad + \quad 2H_2O$$

〈身近な話題への応用①：ガソリン 1 L を燃やしたときに排出される二酸化炭素の量は？〉

ガソリンの化学式は、C_nH_{2n} と表すことができます。
（ n にはいろいろな数字が入ります。n＝10 なら $C_{10}H_{20}$ 、n＝20 なら $C_{20}H_{40}$ という感じです。ガソリンは、n にいろいろな数字が入ったものの混合物です。）
ガソリンが燃焼するときの化学反応式は、次のように表されます。

$$2C_nH_{2n} + 3nO_2 \rightarrow 2nCO_2 + 2nH_2O$$

ここから、ガソリン 1 mol が燃焼すると二酸化炭素が n (mol)発生することが分かります。

$$\underline{2C_nH_{2n}} + 3nO_2 \rightarrow \underline{2nCO_2} + 2nH_2O$$

2 mol → $2n$(mol)
1 mol → n(mol)

さて、ガソリン 1 L は約 0.75 kg ＝ 750 g です。

ここで、ガソリンの分子量は $12n + 2n = 14n$ なので、ガソリン 750 g は $\frac{750}{14n}$ (mol) となります。そして、それを燃やしたときに発生する二酸化炭素は

$$\underline{2C_nH_{2n}} + 3nO_2 \rightarrow \underline{2nCO_2} + 2nH_2O$$

$\frac{750}{14n}$ mol → $\frac{750}{14n} \times n$(mol)

すなわち、$\frac{750}{14}$ mol と求められます。

これは、質量に換算すると（二酸化炭素の分子量は 44 なので）

$$44 \times \frac{750}{14} = \text{約 } 2357 \text{ g} = \underline{\text{約 } 2.4 \text{ kg}}$$

体積に換算すると（標準状態で計算すると）

$$22.4 \times \frac{750}{14} = \underline{1200 \text{ L}}$$

となります。
このようにして、化学基礎で勉強した考え方を使うと、ガソリンを燃やしたときに排出される二酸化炭素の量を求めることができるのです。

〈身近な話題への応用②：水 1 L を電気分解したときに発生する水素と酸素の量は？〉

水素と酸素を反応させて電気を生み出す「燃料電池」が注目を集めています。
酸素は空気中にたくさんあるのでそれを使えます。
水素はほとんどありませんが、例えば太陽光発電を利用して水を電気分解すれば、自然エネルギーだけを使って生み出すことができます。
では、例えば水 1 L を電気分解すると、どのくらいの量の水素（および酸素）を得られるのでしょう？学んだ考え方を使って求めてみます。

水を電気分解するときの化学反応式は、次のように表されます。

$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

ここから、水 2 mol が電気分解されると水素が 2 mol、酸素が 1 mol 発生することが分かります。

$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

2 mol → 2 mol ＋ 1 mol

さて、水 1 L は約 1000 g です。

水の分子量は 18 なので、水 1000 g は $\frac{1000}{18}$ (mol)となります。そして、それを電気分解したときに発生する水素と酸素は

$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

$\frac{1000}{18}$ mol → $\frac{1000}{18}$ mol ＋ $\frac{1000}{18} \times \frac{1}{2}$ mol

と、それぞれ求められます。

これは、体積に換算すると（標準状態で計算すると）

水素：$22.4 \times \frac{1000}{18} = \underline{約\ 1244\ L}$

酸素：$22.4 \times \frac{1000}{18} \times \frac{1}{2} = \underline{約\ 622\ L}$

となります。

〈身近な話題への応用③：アルミ缶 1 kg をリサイクルして得られる水素の量は？〉

アルミ缶は回収されてリサイクルされます。普通、いったん融かしてから再びアルミニウム製品として使用します。
これとは別のアルミ缶をリサイクルする方法が研究されています。「高温の強酸性の温泉水にアルミ缶を溶かして、水素を作る」という方法です。
温泉水は自然に湧き出てきます。これと、ゴミとして出されたアルミ缶を使うだけで燃料電池の燃料となる水素を作れるのです。
では、アルミ缶 1 kg を温泉水と反応させたら、どのくらいの水素を得られるのでしょう？
簡単のため、温泉水を塩酸として考えます。ただ、実際には別の酸性成分が含まれていても、同じ量のアルミ缶から発生する水素の量は同じになります。

アルミニウムと塩酸の反応は、次のように表されます。

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$$

ここから、アルミニウム 2 mol が反応すると水素が 3 mol 発生することが分かります。

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$$

2 mol → 3 mol

さて、アルミニウムの式量は 27 なので、アルミニウム 1 kg（1000 g）は $\frac{1000}{27}$（mol）です。それを反応させたときに発生する水素は

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$$

$\frac{1000}{27}$ mol → $\frac{1000}{27} \times \frac{3}{2}$ mol

と求められます。

これは、体積に換算すると（標準状態で計算すると）

$$22.4 \times \frac{1000 \times 3}{27 \times 2} = \underline{約\ 830\ \mathrm{L}}$$

です。

なお、$\frac{1000\times3}{27\times2}$ mol の水素から生まれるエネルギーは、

1 A の電流を $\frac{1000\times3}{27\times2}$ × 2 × 96500 ＝ 約 7148148 秒 ＝ 約 83 日流す量に相当します。