

第1講：物質質量①（基本とその考え方）

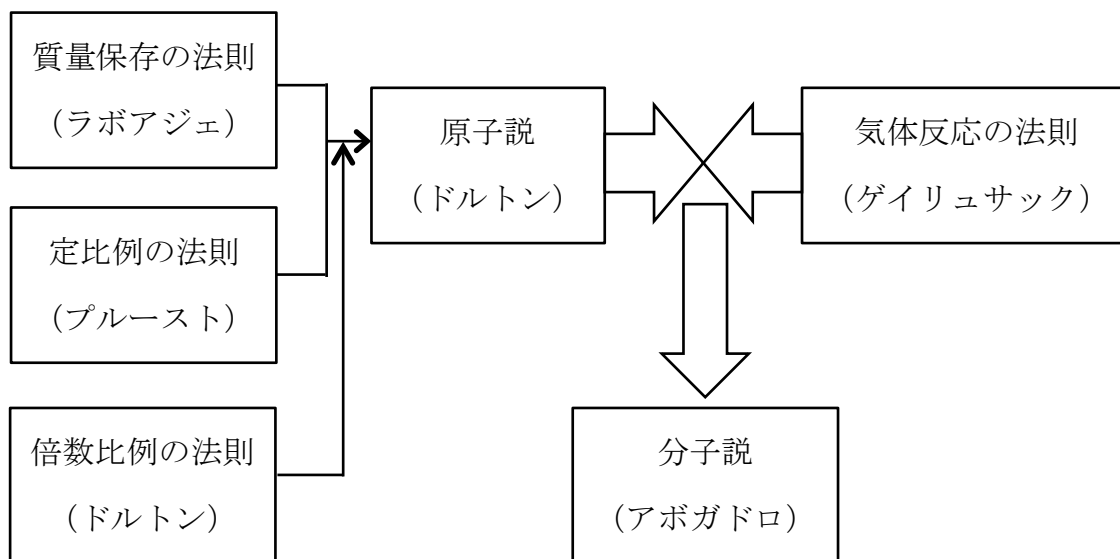
《 学習の目標 》

- ・物質質量の計算を理解するために、必要な知識はなんだろうか？
- ・基本法則、原子量の考え方を理解していますか？
- ・“物を数える”，“物をまとめる”で、個数に関する物質質量の計算をできるようになろう。

① 化学の基本法則

法則名 (提唱者)	法則の内容 実験例																
質量保存の法則 (1774年 ラボアジエ)	<p>化学反応の前後において、物質の質量の総和は変わらない。</p> <p>例：1(g)の水素と8(g)の酸素で9(g)の水ができる。</p> <p>水素 + 酸素 → 水</p> <p>1(g) 8(g) 9(g)</p>																
定比例の法則 (1799年 プルースト)	<p>化合物を構成する成分元素の質量比は常に一定である。</p> <p>例：水をつくる水素と酸素の質量比は1：8で一定である。</p> <p>水素 + 酸素 → 水</p> <p>1(g) 8(g) \longrightarrow 水素：酸素 = 1：8である。</p>																
倍数比例の法則 (1803年 ドルトン)	<p>2種類の元素から2種類以上の化合物ができるとき、一方の元素の一定質量と化合するもう一方の元素の化合物間における質量比は簡単な整数比になる。</p> <p>例：水素と酸素で水と過酸化水素をつくる時、1(g)の水素と化合する“水をつくる酸素”と“過酸化水素をつくる酸素”との質量比は1：2である。</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">水</td> <td style="text-align: center;">過酸化水素</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;">水素</td> <td style="text-align: center;">1(g)</td> <td style="text-align: center;">1(g)</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;">酸素</td> <td style="text-align: center;">8(g)</td> <td style="text-align: center;">16(g)</td> <td></td> </tr> <tr style="border-top: 1px solid black;"> <td></td> <td style="text-align: center;">8(g)</td> <td style="text-align: center;">16(g)</td> <td style="text-align: center;">= 1 : 2</td> </tr> </table>		水	過酸化水素		水素	1(g)	1(g)		酸素	8(g)	16(g)			8(g)	16(g)	= 1 : 2
	水	過酸化水素															
水素	1(g)	1(g)															
酸素	8(g)	16(g)															
	8(g)	16(g)	= 1 : 2														

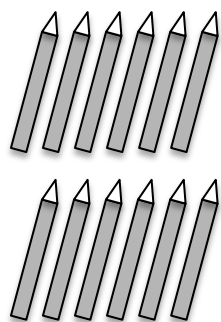
法則名 (提唱者)	法則の内容 実験例
原子説 (1803年 ドルトン)	<p>① 原子とは物質を構成する最小の粒子である。 \longleftrightarrow 物質は原子という粒子からできている。</p> <p>② 同じ元素の原子は大きさ，形も等しい。</p> <p>③ 化学反応の過程で，原子が突然の出現や消失は起こりえない。</p> <p>④ 化合物は異なる種類の原子が一定の比で結合している。</p>
気体反応の法則 (1809年 ゲイリュサック)	<p>同温，同圧で，互いに反応する気体の体積間には簡単な整数比がある（反応生成物が気体であれば，その体積も反応気体と簡単な整数比がある）。</p> <p>例：水をつくる水素と酸素の体積比は2：1で一定である。</p> <p>水素 + 酸素 \rightarrow 水 2(L) 1(L) \longrightarrow 水素：酸素 = 2：1である。</p> <p>水素 + 酸素 \rightarrow 水蒸気 2(L) 1(L) 2(L) \longrightarrow 水素：酸素：水蒸気 = 2：1：2である。</p>
分子説 (アボガドロの法則) (1811年 アボガドロ)	<p>① 気体は分子という粒子からできている。</p> <p>② 分子は1つまたはいくつかの原子からできている。</p> <p>③ 同温，同圧では，気体は同体積中に同数の分子を含んでいる。</p>



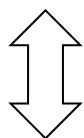
② “物の集まり”を考えよう！

“mol”とは“集合，塊”を意味します。物質量の計算に入る前に，“集合，塊”を色々な角度でみてみましょう！

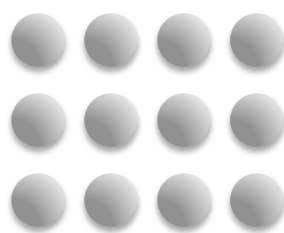
“dozen”…“ドゼン”と読まないでくださいね。私たちは“ダース”と普段から発音しています。いままでの学習で“ダース”＝“12の集合”ですよ。どんなものでも“12”集まれば1ダースです。



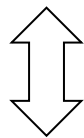
1ダースの鉛筆



12本の鉛筆



1ダースのボール



12個のボール

…どんなものでも“12の集合”で

1ダース

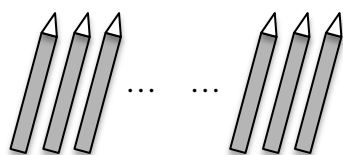
③ 1mol の考え方 (基本法則の成り立ちから理解しよう)

- 物質の 6.02×10^{23} の集合
- 物質の 6.02×10^{23} の集合の質量
- 0°C ，1気圧 ($1.013 \times 10^5\text{Pa}$) の気体の体積は 22.4L

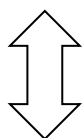
“1mol”は“1つの集合”，“1つの塊”と考えましょう。

“1mol”は“ 6.02×10^{23} の集合”です。これを“1つの集合”と考えましょう。この値は“アボガドロ定数”と呼ばれています。

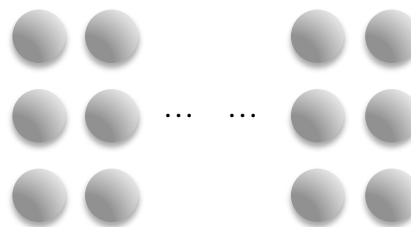
この“1mol”を構成する一つ一つがどのようなものであるかによって、“1molを構成する物質の単位”が変わります。



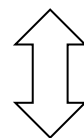
1 mol の鉛筆



6.02×10^{23} 本の鉛筆



1 mol のボール



6.02×10^{23} 個のボール

この“1mol”を構成する物質によって、その大きさも異なります。

つまり、何が“ 6.02×10^{23} ”集まっても“1mol”なのです。

ですから、アボガドロ定数には一つ一つの物質の単位をつけることはありません。

アボガドロ定数の単位は、“1mol 当たりの定数”という意味で“/mol”または“ mol^{-1} ”をつけます。

④ 原子量

“原子量”とは、原子の質量を表すものではありません。原子量とは、周期表の元素記号の下に記される数値です。

これは、原子そのものの質量ではなく、あることを基準とした原子の質量です。

原子量… ^{12}C の質量数を12と考えたときの、原子の相対質量数です。

さて、次のページの“水素の同位体”を見てもらえば分かるかもしれませんが、これだけ質量数が異なる水素が存在するのに、周期表での水素の原子量が一種類しかないのでしょうか？また、整数値で表されている質量数なのに、原子量という数値では小数で示されるのでしょうか？

それは、数ある水素を別々に周期表で表すわけにはいきませんので、周期表では“水素：H”とまとめて記すことにしているのです。

	名 称	略式記号	質量数	陽子数	電子数	中性子数
${}^1_1\text{H}$	軽水素 プロチウム	H	1	1	1	0
${}^2_1\text{H}$	重水素 ジュウテリウム	D	2	1	1	1
${}^3_1\text{H}$	三重水素 トリチウム	T	3	1	1	2

【練習問題 1】

ホウ素の同位体には、 ${}^{10}\text{B}$ と ${}^{11}\text{B}$ がそれぞれ 20%、80%存在し、それぞれの相対質量は、10.00、11.00 である。ホウ素の原子量を計算しなさい。

【練習問題 2】

次の物質の分子量または式量を求めよ。

原子量は H : 1.00, C : 12.0, N : 14.0, O : 16.0, Na : 23.0, Mg : 24.0,
Al : 27.0, Cl : 35.5, Ca : 40.0 とする。

- | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|
| (1) H_2 | (2) H_2O | (3) CO_2 | (4) NH_3 |
| (5) NaCl | (6) MgCl_2 | (7) NaOH | (8) Ca(OH)_2 |
| (9) Al_2O_3 | (10) CH_4 | (11) HNO_3 | (12) CaCl_2 |

【練習問題 3】

1 モルあたりの質量が最も大きい物質を，次の① ～ ⑤のうちから一つ選べ。

原子量は H : 1.00, C : 12.0, O : 16.0, Na : 23.0, Cl : 35.5 とする。

- ① 酸素 ② 水 ③ 二酸化炭素 ④ 塩化ナトリウム ⑤ 水酸化ナトリウム

【練習問題 4】

18.0 g の水と同じ物質質量であるものを，次の① ～ ⑤のうちから一つ選べ。

原子量は H : 1.00, C : 12.0, O : 16.0, Na : 23.0, Cl : 35.5 とする。

- ① 16.0g の酸素 ② 8.00g のメタン ③ 64.0g のメタノール
④ 60.0g の酢酸 ⑤ 60.0g の水酸化ナトリウム

【類題】

物質量の計算は、定義を理解して、数題の理解ではなかなかマスターできない内容です。講義での演習などの定着の意味を兼ねた演習を用意しました。“公式”に頼らないで、講義で扱った解法を真似て、演習をしてみましょう。“真似ること”も一つの学習方法です。

以下の設問に、計算過程も含めて解答しましょう。必要であれば、以下の数値を用いなさい。

原子量：H=1.00, He=4.00, C=12.0, N=14.0, O=16.0, F=19.0, Na=23.0, Al=27.0, S=32.0, Cl=35.5, Ar=40.0, K=39.0, Ca=40.0, Cu=63.5, Zn=65.4,

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

標準状態における 1mol の気体の体積：22.4L

【類題 1】

塩素には、 ^{35}Cl と ^{37}Cl の同位体があり、原子量は 35.5 である。各同位体の存在比を%で示せ。

【類題 2】

- ① 塩化水素 (HCl) の分子量を求めよ。
- ② エタノール(分子式： $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$)の分子量を求めよ。
- ③ ベンゼンと呼ばれる非常に重要な化合物は C_6H_6 で表す。ベンゼンの分子量を求めよ。

【類題 3】

2モルあたりの質量が最も大きい物質を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 酸素 ② 水 ③ アンモニア ④ 塩化水素 ⑤ 水酸化カルシウム

【類題 4】

- ① 1mol の水素があります。この水素の質量はいくらでしょうか。
- ② 水が 24.0g あります。この水の物質量はいくらでしょうか。
- ③ 台所の調味料として使用される食酢は酢酸(CH_3COOH)が原料です。酢酸が 90.0g あります。酢酸の物質量はいくらでしょうか。

【解答】

【類題 1】

“同位体が存在する元素の原子量は、同位体の平均質量数”で原子量を表します。

$$35.5 = \frac{35 \times x + 37 \times (100 - x)}{x + (100 - x)} \quad \therefore x = 75\%$$

よって、 ^{35}Cl の存在比は 75%とわかります。 ^{37}Cl の存在比は $100 - 75 = 25\%$ と表すことができます。

【類題 2】

① 塩化水素の化学式は HCl です。水素原子(H)1個と、塩素原子(Cl)1個で、塩化水素は構成されています。

$$\text{HCl の分子量} = \text{H の原子量} + \text{Cl の原子量} = 1.00 \times 1 + 35.5 \times 1 = \boxed{36.5}$$

② エタノールの分子式は $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ です。炭素原子(C)2個と、水素原子(H)6個、酸素原子(O)2個で、エタノールは構成されています。

$$\begin{aligned} \text{C}_2\text{H}_6\text{O の分子量} &= (\text{C の原子量}) \times 2 + (\text{H の原子量}) \times 6 + (\text{O の原子量}) \times 2 \\ &= 12.0 \times 2 + 1.00 \times 6 + 16.0 \times 2 \\ &= \boxed{46.0} \end{aligned}$$

③ ベンゼンの分子式は C_6H_6 です。炭素原子(C)6個と、水素原子(H)6個で、ベンゼンは構成されています。

$$\begin{aligned} \text{C}_6\text{H}_6 の分子量 &= (\text{C の原子量}) \times 6 + (\text{H の原子量}) \times 6 \\ &= 12.0 \times 6 + 1.00 \times 6 \\ &= \boxed{78.0} \end{aligned}$$

【類題 3】

①~⑤の物質のそれぞれの分子量，式量を計算すると，

- ① 酸素 (O_2 分子量 32.0) ② 水 (H_2O 分子量 18.0) ③ アンモニア (NH_3 分子量 17.0)
④ 塩化水素 (HCl 分子量 36.5) ⑤ 水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ 式量 74.0)

となります。

分子量，式量に“グラム単位”をつけることで，“その物質の 1mol の質量”を表すことができますので，①~⑤の物質の 1 mol の質量は，

- ① 酸素 (O_2 32.0g) ② 水 (H_2O 18.0g) ③ アンモニア (NH_3 17.0g)
④ 塩化水素 (HCl 36.5g) ⑤ 水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ 74.0g) となります。

これらの 2 mol の質量は，それらを 2 倍すればよい。

- ① 酸素 (O_2 64.0g) ② 水 (H_2O 36.0g) ③ アンモニア (NH_3 34.0g)
④ 塩化水素 (HCl 73.0g) ⑤ 水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ 144g) となります。

【類題 4】

① 水素(H_2)の分子量は $1.00 \times 2 = 2.00$ です。“1mol の質量は，原子量，分子量，式量にグラム単位をつけたもの”ですから，1mol の水素の質量は $\boxed{2.0\text{g}}$ となります。

② 水(H_2O)の分子量は $1.00 \times 2 + 16.0 \times 1 = 18.0$ です。“1mol の質量は，原子量，分子量，式量にグラム単位をつけたもの”ですから，1mol の水の質量は 18.0g となります。24.0g の水の物質量を x mol とすると， $1 \text{ mol} : 18.0\text{g} = x \text{ mol} : 24.0\text{g} \therefore x = \boxed{1.50\text{mol}}$

③ 酢酸(CH_3COOH)の分子量は $12.0 \times 2 + 1.00 \times 4 + 16.0 \times 2 = 60.0$ です。1mol の酢酸の質量は 60.0g となります。90.0g の酢酸の物質量を x mol とすると，

$$1 \text{ mol} : 60.0\text{g} = x \text{ mol} : 90.0\text{g} \therefore x = \boxed{1.50\text{mol}}$$