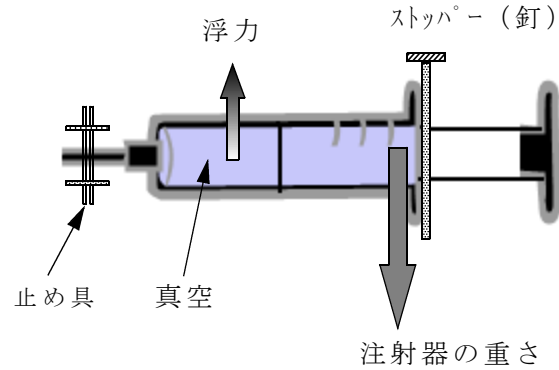


# 実験 気体の分子量測定

## 1. ブタンの分子量

実験環境： 室温17℃， 大気圧762 mmHgでのブタンの分子量測定



50 ml中に何も入っていない (真空) とき

$W'$  : 真空のときの注射筒の重さの測定値

$$W' = (\text{注射筒の重さ}) - (\text{浮力})$$

$$\begin{aligned} \text{ブタンの重さ} &= (\text{ボタンが入っている注射筒の重さ}) - (\text{真空のときの注射筒の重さ}) \\ &= W - W' \end{aligned}$$

ブタンの重さとブタンの質量

$$\begin{aligned} \text{ブタンの重さ} &= W - W' \\ \therefore m g &= m' g & \left[ \begin{array}{ll} m : \text{ブタンの質量} & g : \text{重力加速度} \\ m g : \text{ブタンの重さ} & \end{array} \right] \\ \therefore m &= m' \end{aligned}$$

※ 重さ(重力) = 質量 × 重力加速度 である。

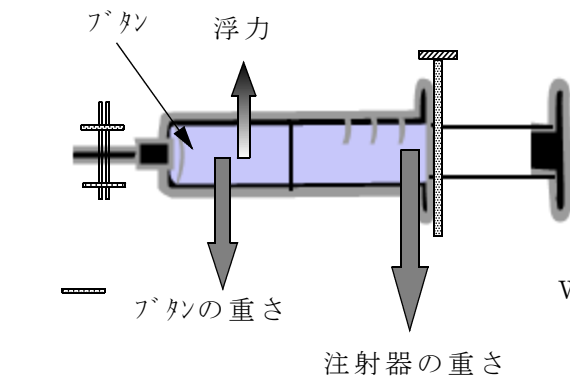
N	Kg	$\text{m S}^{-2}$
Kg重	Kg	重 (重力加速度 $9.8 \text{ m S}^{-2}$ )
g 重	g	重 (重力加速度 $980 \text{ cm S}^{-2}$ )

室温17℃， 大気圧762 mmHgでのブタンの分子量Mは、下記の式から求めることができる。

$$\begin{aligned} PV &= nRT \\ \therefore \frac{762}{760} \times \frac{50}{1000} &= \frac{w - w'}{M} \times 0.082 \times (273 + 17) \end{aligned}$$

$W$  : ブタンが入っている注射筒の重さ

$W'$  : 真空のときの注射筒の重さ



ブタンが50 ml入っているとき

$W$  : ブタンが入っている注射筒の重さの測定値

$$W = (\text{注射筒の重さ}) + (\text{ブタンの重さ}) - (\text{浮力})$$

- ・注射筒の重さは、ゴム管・釘・止め具などの重さも含んだ容器全体の重さである。
- ・質量と重力(重さ)は違う。

- ・注射筒の体積は、浮力を考慮して同じにすること!!
- ・なるべく真空に近い状態を保つこと。空気が混入すると $W'$ が重く(大きく)なる。よって、 $W - W'$ の値は小さくなり、Mの値も小さくなる。

ブタン  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  (= 58)

## 2. 誤差

$$\text{誤差} = \left| \frac{\text{測定値(実験値)} - \text{理論値(真の値)}}{\text{理論値(真の値} \cdot \text{基準値)}} \right| \times 100 \quad (\%)$$

$$P V = \frac{w}{M} R T \quad \therefore M = \frac{w R T}{P V}$$

1 °C の違い

$$\begin{aligned} \text{誤差} &= \frac{\frac{w R (T \pm 1)}{P_{O_2} V} - \frac{w R T}{P_{O_2} V}}{\frac{w R T}{P_{O_2} V}} \times 100 \\ &= \left\{ \frac{w R (T \pm 1)}{P_{O_2} V} \cdot \frac{P_{O_2} V}{w R T} - \frac{w R T}{P_{O_2} V} \cdot \frac{P_{O_2} V}{w R T} \right\} \times 100 \\ &= \left\{ \frac{P_{O_2} V w R (T \pm 1) - P_{O_2} V w R T}{P_{O_2} V \cdot w R T} \right\} \times 100 \\ &= \frac{(T \pm 1) - T}{T} \times 100 \\ &= \left\{ \frac{(T \pm 1)}{T} - 1 \right\} \times 100 \\ &= \left( 1 \pm \frac{1}{T} - 1 \right) \times 100 = \pm \frac{100}{T} \end{aligned}$$

### 【例題 1】

17 °C のとき、1 °C 高く測定してしまった。誤差をもとめよ。

$$\frac{100}{273+17} \doteq 0.345 \quad (\%)$$

1 mmHg の違い

$$1 \text{ mmHg} = \frac{1}{760} \text{ atm}$$

$$\begin{aligned} \text{誤差} &= \frac{\frac{w R T}{\left( P_{O_2} \pm \frac{1}{760} \right) V} - \frac{w R T}{P_{O_2} V}}{\frac{w R T}{P_{O_2} V}} \times 100 \\ &= \left\{ \frac{w R T}{\left( P_{O_2} \pm \frac{1}{760} \right) V} \cdot \frac{P_{O_2} V}{w R T} - \frac{w R T}{P_{O_2} V} \cdot \frac{P_{O_2} V}{w R T} \right\} \times 100 \\ &= \left( \frac{P_{O_2}}{P_{O_2} \pm \frac{1}{760}} - 1 \right) \times 100 \\ &= \left\{ \frac{760 P_{O_2} - (760 P_{O_2} \pm 1)}{760 P_{O_2} \pm 1} \right\} \times 100 \\ &= \left( \frac{\mp 1}{760 P_{O_2} \pm 1} \right) \times 100 \quad (P_{O_2} = \text{大気圧} - t \text{ °C での水蒸気圧}) \quad \text{単位は atm} \\ &= \mp \frac{100}{P_{O_2}' \pm 1} \quad (P_{O_2}' \text{ は、mmHg 単位}) \end{aligned}$$

$$1 \text{ mmHg 高く測定したとき、} -\frac{100}{P_{O_2}' + 1}, \quad 1 \text{ mmHg 低く測定したとき、} \frac{100}{P_{O_2}' - 1}$$

### 【例題 2】

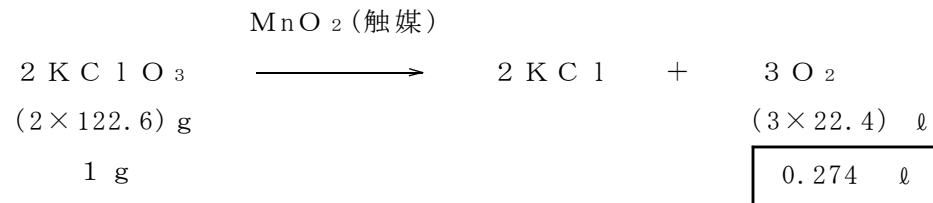
17 °C で、圧力測定 (= 大気圧測定、つまり  $P_{O_2}$  が 1 mmHg 違った場合) で、1 mmHg 高く測定してしまった。このときの誤差を求めなさい。

ただし、17 °C での飽和水蒸気圧は、16.0 mmHg とする。

$$P_{O_2} (= 762 - 16.0) = 746 \text{ (mmHg)}$$

$$-\frac{100}{746+1} \doteq -0.134 \quad (\%)$$

### 3. 化学反応式



0 °C, 1 atm (=760mmHg) で 0.274 l は、17 °C, 762 mmHgで何 l か。

$$\frac{760 \times 0.274}{273} = \frac{762 \times V}{273+17} \quad \therefore V \doteq 0.290 \text{ l} (= 290)$$

別解

$$\begin{aligned}
 PV &= nRT \\
 \therefore V &= \frac{nRT}{P} = \frac{\frac{0.274}{22.4} \times 0.082 \times (273+17)}{\frac{762}{760}} \doteq 0.290 \text{ (l)}
 \end{aligned}$$

別解において、762 mmHgの代わりに、酸素の分圧を代入しようとした人は、大きな勘違いをしていますよ。分圧を定義から復習して下さい。

### 4. 水面補正

メスシリンダー内の気体の圧力について

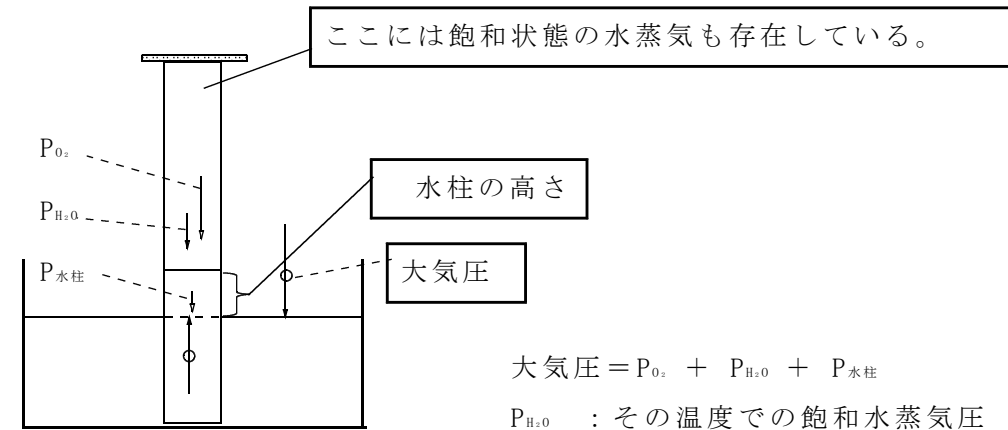
$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1013.25 \text{ hPa} \text{ (ヘクトパスカル)}$$

水銀の密度を、 $13.5951 \text{ g/cm}^3$ 、水の密度は  $1.0 \text{ g/cm}^3$  とし

$$\begin{aligned}
 76 \text{ cmHg} &= (76 \times 13.5951) \text{ cmH}_2\text{O} \\
 &\doteq 1033.23 \text{ cmH}_2\text{O}
 \end{aligned}$$

よって、

760mmHg  $\doteq$  1033 cmH<sub>2</sub>O として処理をする。(10 mmHg  $\doteq$  13.6 cmH<sub>2</sub>O でもよい)



$$\text{大気圧} = P_{\text{O}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}} + P_{\text{水柱}}$$

$P_{\text{H}_2\text{O}}$  : その温度での飽和水蒸気圧

$P_{\text{水柱}}$  : 水柱のもたらす圧力

$$\text{10cm の水柱のもたらす圧力} = \frac{10 \times 760}{1033} \doteq 7.36 \text{ mmHg} = 0.00968 \text{ atm}$$

$$\text{大気圧} = P_{\text{O}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}} + P_{\text{水柱}}$$

$$\therefore P_{\text{O}_2} = \text{大気圧} - P_{\text{H}_2\text{O}} - P_{\text{水柱}} \quad (P_{\text{O}_2} : \text{補正した酸素の分圧})$$

$$P_{\text{O}_2'} = \text{大気圧} - P_{\text{H}_2\text{O}} \quad (P_{\text{O}_2'} : \text{補正しなかった酸素の分圧})$$

よって、 $P_{\text{O}_2} = \text{大気圧} - P_{\text{H}_2\text{O}} - P_{\text{水柱}}$

$$= (\text{大気圧} - P_{\text{H}_2\text{O}}) - P_{\text{水柱}}$$

$$= P_{\text{O}_2'} - P_{\text{水柱}}$$

$$\frac{\frac{wRT}{P_{\text{O}_2'}V} - \frac{wRT}{P_{\text{O}_2}V}}{\frac{wRT}{P_{\text{O}_2}V}} \times 100 = \frac{\frac{wRT}{P_{\text{O}_2'}V} - \frac{wRT}{(P_{\text{O}_2'} - P_{\text{水柱}})V}}{\frac{wRT}{(P_{\text{O}_2'} - P_{\text{水柱}})V}} \times 100$$

$$= \frac{\frac{wRT}{P_{\text{O}_2'}V} (P_{\text{O}_2'} - P_{\text{水柱}}) - wRT}{wRT} \times 100$$

$$= \left\{ \frac{(P_{\text{O}_2'} - P_{\text{水柱}})}{P_{\text{O}_2'}} - 1 \right\} \times 100$$

$$= \frac{P_{\text{O}_2'} - P_{\text{水柱}} - P_{\text{O}_2'}}{P_{\text{O}_2'}} \times 100$$

$$= \frac{-100P_{\text{水柱}}}{P_{\text{O}_2'}} \quad (\text{単位はatm})$$

【例題3】17 °Cでの酸素の分圧  $P_{\text{O}_2}$  (=大気圧 - 17 °Cでの飽和水蒸気圧) は、746mmHgであった。実際は、メスシリンダーの水面の方が、水槽の水面より10cm高かった。きちんと圧力補正したものと比べ、誤差はどのようになるか答えなさい。

$$- \frac{100 \times \frac{7.36}{760}}{\frac{746}{760}} \doteq -0.987 \doteq -0.99 (\%) \quad \text{約1\%小さくなる。}$$