

ボイルの法則とシャルルの法則は、次のように1つにまとめられる。

$$\boxed{\quad \quad \quad = \text{一定}}$$

↑

この式を使えるようになれば、「ボイルの法則」「シャルルの法則」を別々に使う必要はない。

(練習)  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.01 \times 10^5\text{ Pa}$  で  $22.4\text{ L}$  の気体は、 $117\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $2.02 \times 10^5\text{ Pa}$  では何  $\text{L}$  になるか。

(練習)  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$  の気体がある。 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ において、その気体の体積を2倍にしたい。気体の圧力を何  $\text{Pa}$  にすればよいか。

気体 1 mol の  $\frac{pV}{T}$  の値は、次のように求められる。

標準状態 ( \_\_\_\_\_ K、 \_\_\_\_\_ Pa) では、1 mol の気体の  
体積は \_\_\_\_\_ L である。

気体の種類に無関係

気体 1 mol の  $\frac{pV}{T} =$  \_\_\_\_\_  $\doteq$  \_\_\_\_\_

気体が 2 mol なら：  $\frac{pV}{T} =$  \_\_\_\_\_  $\times 8.31 \times 10^3$

気体が 3 mol なら：  $\frac{pV}{T} =$  \_\_\_\_\_  $\times 8.31 \times 10^3$

気体が  $n$  (mol) のとき、

と表される。これを「気体の状態方程式」という。

(練習) 0.50 mol の酸素を 8.3 L の容器に入れると、27 °C で圧力は何 Pa になるか。  
気体定数は  $8.3 \times 10^3$  Pa·L/mol·K とする。

分子量  $M$  の気体  $w$  (g) は、 \_\_\_\_\_ mol である。



気体の状態方程式は \_\_\_\_\_ と書け、ここから

気体の分子量  $M$  = \_\_\_\_\_

と求められる。



質量  $w$  (g) で体積  $V$  (L) の気体の密度  $d$  (g/L) = \_\_\_\_\_ であるので、

気体の分子量  $M$  = \_\_\_\_\_

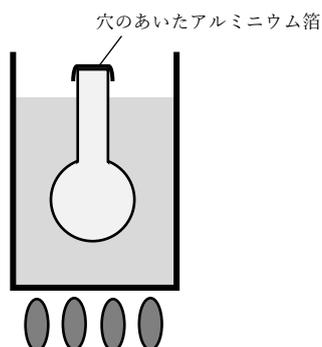
のように、密度  $d$  を使って表すことができる。

逆に、この式を変形すれば

気体の密度  $d$  = \_\_\_\_\_

と求めることもできる。

(練習) ある純粋な液体を、内容積 350 mL のフラスコに入れ、小さな穴のあいたアルミニウム箔でふたをした。これを、図のように沸騰した水 (100 °C) につけて完全に蒸発させたあと、室温に戻して液体にした。この液体の質量を測定すると、1.76 g であった。大気圧を  $1.01 \times 10^5$  Pa、気体定数は  $8.31 \times 10^3$  Pa·L/mol·K として、この液体の分子量を求めよ。

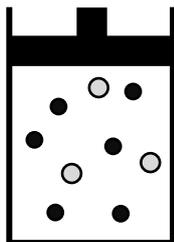


(練習) 27 °C、 $8.31 \times 10^4$  Pa において、ある気体の密度が 1.20 g/L であった。この気体の分子量を求めよ。気体定数は  $8.31 \times 10^3$  Pa·L/mol·K とする。

○混合気体

混合気体 = 2種類以上の気体が均一に混合したもの

(例)  $n_A$  (mol) の気体 A と  $n_B$  (mol) の気体 B の混合気体



混合気体の体積を  $V$ 、絶対温度を  $T$  とする



・気体 A についての状態方程式： \_\_\_\_\_

・気体 B についての状態方程式： \_\_\_\_\_



気体 A の分圧  $p_A$  = \_\_\_\_\_ 気体 B の分圧  $p_B$  = \_\_\_\_\_

分圧 = 混合気体中のある 1 種類の気体だけの圧力



・全圧 (= 混合気体全体の圧力)  $p$  = \_\_\_\_\_

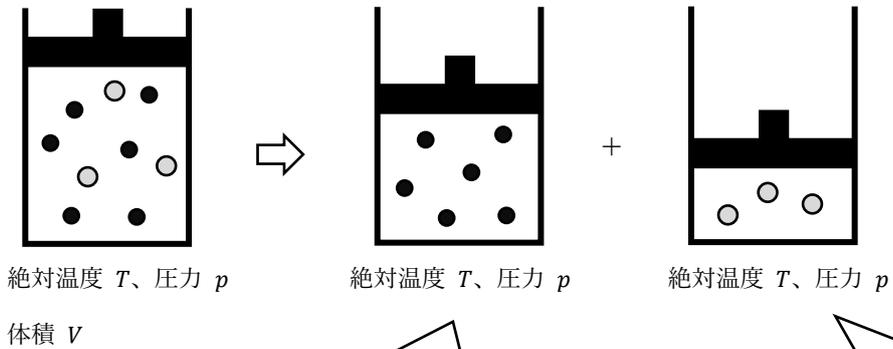
「ドルトンの分圧の法則」という。

・気体 A の分圧  $p_A$  = 全圧  $p$  × \_\_\_\_\_

・気体 B の分圧  $p_B$  = 全圧  $p$  × \_\_\_\_\_

「モル分率」という。

● ○  
 ※  $n_A$  (mol) の気体 A と  $n_B$  (mol) の気体 B の混合気体を、温度と圧力が変わらない  
 ようにして分離すると、

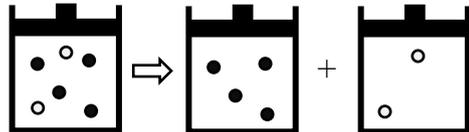


気体 A の体積  $V_A = V \times$  \_\_\_\_\_

気体 B の体積  $V_B = V \times$  \_\_\_\_\_

整理すると、混合気体を

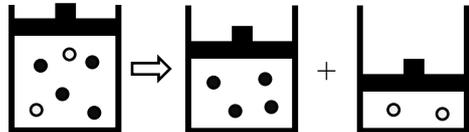
・体積を一定に保ったまま分離したとき



全圧 = \_\_\_\_\_

分圧 = 全圧  $\times$  \_\_\_\_\_

・圧力を一定に保ったまま分離したとき



全体積 = \_\_\_\_\_

各気体の体積 = 全体積  $\times$  \_\_\_\_\_

↑ どちらの場合も、気体の温度は一定に保たれるものとする。

(練習) 水素 1.0 mol と酸素 3.0 mol の混合気体の全圧が $1.0 \times 10^5$  Pa のとき、水素の分圧を求めよ。

(練習) 温度を一定に保ったまま、 $1.0 \times 10^3$  Pa の酸素 2.0 L と $2.0 \times 10^3$  Pa の窒素 3.0 L を、5.0 L の密閉容器に入れた。このとき、酸素と窒素の分圧、および混合気体の全圧を求めよ。

(練習)  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.5 \times 10^5\text{ Pa}$  の酸素  $2.0\text{ L}$  と  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $2.0 \times 10^5\text{ Pa}$  の窒素ヘリウム  $3.0\text{ L}$  を、 $5.0\text{ L}$  の密閉容器に入れて  $77\text{ }^{\circ}\text{C}$  にした。酸素とヘリウムの分圧、および混合気体の全圧を求めよ。

(練習) 窒素  $5.6\text{ g}$  と酸素  $3.2\text{ g}$  をある体積の容器に入れて温度を  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保ったところ、全圧が  $3.0 \times 10^4\text{ Pa}$  になった。窒素の分圧はどれだけか。また、容器の体積は何 L か。ただし、気体定数を  $8.3 \times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$  とし、原子量は  $\text{N} = 14$ 、 $\text{O} = 16$  とする。

○混合気体の平均分子量

平均分子量 (=混合気体を1種類の気体であるかのように考えたときの分子量) は、次のように求められる。

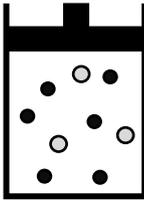
(例) 分子量  $M_A$  で  $n_A$  (mol) の気体 A ●

+

分子量  $M_B$  で  $n_B$  (mol) の気体 B ○

↓

平均分子量 = \_\_\_\_\_ =  $M_A \times$  \_\_\_\_\_ +  $M_B \times$  \_\_\_\_\_



(練習) 空気は、物質量の比が 窒素 : 酸素 = 4 : 1 の混合気体であるとする。  
 空気の平均分子量を求めよ。ただし、原子量は  $N = 14$ 、 $O = 16$  とする。  
 (有効数字 3 桁で求めよ。)

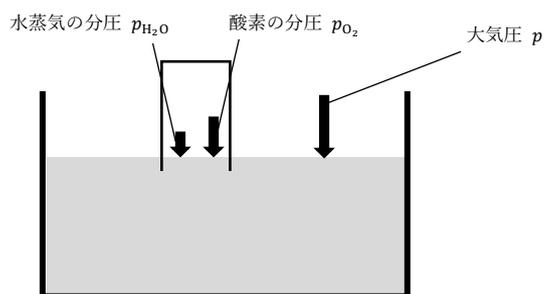
(練習) 温度を一定に保ったまま、 $2.0 \times 10^5$  Pa の酸素 3.0 L と  $1.0 \times 10^5$  Pa の窒素 2.0 L を容積  $V$  (L) の容器に入れた。この混合気体の平均分子量を求めよ。

(練習) 酸素とヘリウムの混合気体の平均分子量が 9.6 であるとき、混合気体中の酸素の物質量の割合は何%か。原子量は  $\text{He} = 4.0$ 、 $\text{O} = 16$  とする。  
(有効数字 3 桁で求めよ。)

○水上置換で捕集した気体の分圧

水上置換によって集めた気体には、\_\_\_\_\_が混ざっている。

(例) 酸素を水上置換で捕集したとき



登場する3つの圧力の間には\_\_\_\_\_という関係が  
成り立つ。



酸素の分圧  $p_{O_2} =$  \_\_\_\_\_ と求められる。

(練習) 酸素を水上置換で捕集したところ、 $27\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.02 \times 10^5\text{ Pa}$  で  $498\text{ mL}$  の気体を得られた。得られた酸素の質量は何  $\text{g}$  か、有効数字2桁で答えよ。ただし、気体定数を  $8.3 \times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$ 、 $27\text{ }^\circ\text{C}$ における水の蒸気圧は  $4.0 \times 10^3\text{ Pa}$  とし、原子量は  $O = 16$  とする。

(練習) ある水に溶けない気体を水上置換で捕集したところ、 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.04 \times 10^5\text{ Pa}$ で、 $300\text{ mL}$ の質量が $0.70\text{ g}$ あった。この気体の分子量を有効数字2桁で答えよ。ただし、気体定数を $8.3 \times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$ 、 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ における水の蒸気圧は $4.0 \times 10^3\text{ Pa}$ とする。

(練習) 水 1.8 g をシリンダー状の容器に入れ、ピストンを固定して体積を 8.3 L、温度を 27 °C に保った。気体定数を  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$ 、27 °C における水の蒸気圧を  $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$  とし、液体の体積は無視できるものとする。

- (1) 液体の水は生じているか。生じている場合は、液体の水の質量を求めよ。
- (2) ピストンを動かして、27 °C のまま体積を 83 L にした。容器内の圧力は何 Pa か。

容器に液体の水を入れると、

・気液平衡になる (液体と気体が共存)

… 水蒸気の圧力 \_\_\_\_\_ 蒸気圧

・すべて気体 (水蒸気) になる

… 水蒸気の圧力 \_\_\_\_\_ 蒸気圧

のどちらかになる。

↓

どちらになるか分からないときは、まずは「すべて気体になる」と仮定して考える。

(練習) エタノール (分子量 46) 23 g を、87 °C で、30 L の容器に入れた。気体定数を  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$ 、エタノールの蒸気圧は 87 °C で  $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、27 °C で  $1.0 \times 10^4 \text{ Pa}$  とし、液体の体積は無視できるものとする。

- (1) 87 °C のときの容器内の圧力は何 Pa か。
- (2) 容器の温度を 27 °C にした。液体のエタノールは生じているか。生じている場合はその質量を求めよ。

(練習) 水の蒸気圧を、 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ で $3.6 \times 10^3\text{ Pa}$ 、 $87\text{ }^{\circ}\text{C}$ で $6.3 \times 10^4\text{ Pa}$ として、次の各問いに答えよ。

(1)  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ で $9.0\text{ L}$ の酸素と $4.0\text{ L}$ の水素を $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ のまま $10\text{ L}$ の容器に入れたのち、容器内で電気火花を飛ばし、水素を完全に燃焼させた。反応後の温度を $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ にすると、容器内の全圧は何 $\text{Pa}$ になるか。

(2) (1)ののち、容器の温度を $87\text{ }^{\circ}\text{C}$ にした。容器内の全圧は何 $\text{Pa}$ になるか。

○理想気体と実在気体

実在気体（実際に存在する気体）では、状態方程式は厳密には成り立たない。

(例) 状態方程式に従うと、温度を 0 K に近づけたとき体積は \_\_\_\_\_ になるはずだが、実際には液体や固体になって体積は \_\_\_\_\_ にはならない。

理想気体 = 状態方程式が厳密に成り立つ気体

= 気体分子の \_\_\_\_\_ と \_\_\_\_\_ を無視したもの

実在気体において状態方程式が厳密に成り立たない原因は、「分子間力」と「分子の体積」である。



実在気体において、状態方程式からのずれが大きくなるのは

・ 温度が \_\_\_\_\_ とき

・ 圧力が \_\_\_\_\_ とき

である。

・ 温度が低いと、気体分子の熱運動が \_\_\_\_\_ になり、それに比べて分子間力の影響が大きくなる。

・ 圧力が高いと、気体の体積が \_\_\_\_\_ なるので、分子間力が \_\_\_\_\_ なり、気体分子の体積の影響も \_\_\_\_\_ なる。

(練習) 教科書 p31 表 2 を見ると、標準状態での体積の理想気体からのずれが、特にアンモニアで大きくなっている。この理由を説明せよ。

(練習) 教科書 p31 図 6 を見ると、水素において 400 K では、 $Z = \frac{pV}{nRT}$  の値は高圧にすると次第に大きくなる。この理由を説明せよ。

(練習) 教科書 p31 図 6 を見ると、メタンにおいて 400 K では、 $Z = \frac{pV}{nRT}$  の値は圧縮によって圧力  $p$  を上げていくと、 $p = 100 \times 10^5$  Pa 付近までは  $Z$  の値は小さくなり、それ以上の圧力では次第に大きくなる。この理由を説明せよ。