

気体の法則 08 混合気体の計算問題

A. 混合気体の状態方程式

温度 T [K] の条件の下、体積 V [L] の容器に n_a [mol] の気体 a と n_b [mol] の気体 b が入っています。この容器内に及ぼす全圧を P [Pa]、気体 a の分圧を P_a [Pa]、気体 b の分圧を P_b [Pa] とすると、それぞれの気体に対して、

$$P_a V = n_a RT \quad \dots \textcircled{1}$$

$$P_b V = n_b RT \quad \dots \textcircled{2}$$

が成り立ちますね。

したがって、①+②より、

$$(P_a + P_b)V = (n_a + n_b)RT \quad \dots \textcircled{3}$$

となります。

ところで、ドルトンの分圧の法則より、 $P = P_a + P_b$ なので、式③は

$$PV = (n_a + n_b)RT \quad \dots \textcircled{4}$$

と変形でき、

これより、容器内の気体が混合気体でも気体の状態方程式が成り立つことがわかります。

また、この関係は混合気体の成分気体が何種類であっても成り立ちます。

混合気体の状態方程式のまとめ

混合気体 a, b, c, … について、次の関係式が成り立つ。

$$PV = (n_a + n_b + n_c + \dots)RT$$

P : 混合気体の全圧, V : 混合気体の体積, T : 絶対温度, R : 気体定数

n_a, n_b, n_c, \dots : 成分気体の物質質量

B. モル分率と分圧

逆に、各気体の状態方程式と混合気体の状態方程式からドルトンの分圧の法則を導くことができます。

$$\frac{\textcircled{1}}{\textcircled{4}} \text{ より, } \frac{P_a}{P} = \frac{n_a}{n_a + n_b} \quad \therefore P_a = \frac{n_a}{n_a + n_b} P \quad \dots \textcircled{5}$$

$$\frac{\textcircled{2}}{\textcircled{4}} \text{ より, } \frac{P_b}{P} = \frac{n_b}{n_a + n_b} \quad \therefore P_b = \frac{n_b}{n_a + n_b} P \quad \dots \textcircled{6}$$

式⑤および式⑥の $\frac{n_a}{n_a + n_b}$, $\frac{n_b}{n_a + n_b}$ は各成分気体の混合気体中での物質質量の割合を表し、

これを **モル分率** と呼びます。それぞれのモル分率を記号 X を用いて X_a, X_b としますと、

$$X_a = \frac{n_a}{n_a + n_b}, X_b = \frac{n_b}{n_a + n_b} \text{ ですから,}$$

式⑤および式⑥はそれぞれ $P_a = X_a P$, $P_b = X_b P$ となります。

したがって、これより **分圧の比 = モル分率の比** が成り立つことがわかります。

さらに, $\frac{n_a}{n_a + n_b} : \frac{n_b}{n_a + n_b} = n_a : n_b$ より,

モル分率の比 = 成分気体の物質量 (または分子数) の比

も成り立ちます。

よって, 以上をまとめると,

分圧の比 = モル分率の比 = 成分気体の物質量 (または分子数) の比
が成り立ちます。

例題

ピストン付き容器に気体 a を 0.50mol と気体 b を 1.5mol 入れ, 27°C で 40L に保った。
全圧および気体 a, b の分圧を求めよ。ただし, 気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。

解答と解説

全圧を P , 気体 a の分圧を P_a , 気体 b の分圧を P_b とすると,

$$P \times 40 = (0.5 + 1.5) \times 8.3 \times 10^3 \times (273 + 27) \quad \therefore P = 1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_a = \frac{0.50}{0.50 + 1.5} \times 1.2 \times 10^5 = 3.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$P_b = 1.2 \times 10^5 - 3.0 \times 10^4 = 9.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

確認問題

27°Cの条件の下、40Lの容器に気体 a と気体 b が物質質量比 1 : 2 で封入されている。

このとき容器内の全圧は $1.8 \times 10^5 \text{ Pa}$ だった。

次の問いに答えよ。ただし、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。

1. 気体 a および b の物質質量を求めよ。
2. 気体 a および b の分圧を求めよ。

解答と解説

1.

全物質量を n とし、状態方程式を立てると、

$$1.8 \times 10^5 \times 40 = n \times 8.3 \times 10^3 \times (273 + 27) \quad \therefore n = 3.0 \text{ mol}$$

よって、気体 a の物質量を n_a 、気体 b の物質量を n_b とすると、

$$n_a = \frac{1}{1+2} \times 3.0 = 1.0 \text{ mol}$$

$$n_b = 3.0 - 1.0 = 2.0 \text{ mol}$$

2.

気体 a の分圧を P_a 、気体 b の分圧を P_b とすると、

$$P_a = \frac{1}{1+2} \times 1.8 \times 10^5 = 6.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$P_b = 1.8 \times 10^5 - 6.0 \times 10^4 = 1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

ことわり

本編はメルマガ高校化学の部屋 <http://www.geocities.co.jp/HeartLand-Poplar/8632/>

バックナンバー中の記載「このメルマガは、転載・複写自由です。」に甘え、

内容を保ったまま、整理・加筆し、転載したものです。

大学理系入試問題・受験問題集を解いてみた <http://www.toitemita.sakura.ne.jp/>