

気体の法則の基本

1 導入

この講義で最重要なのは、気体の状態は、圧力 P 、体積 V 、温度 T 、物質質量 n の4つで読むことです。気体の問題でつまづきやすいのは、どの量を固定してどの量を変えているのかが曖昧なまま公式を当てはめることです。まず状態を記述する変数を整理します。

2 用語と定義

圧力とは、単位面積あたりに働く力で、SIでは P [Pa; $ML^{-1}T^{-2}$] と表します。

体積とは、気体がしめる空間の大きさと、SIでは V [m^3 ; L^3] と表します。

絶対温度とは、 T [K; Θ] と表す温度です。

状態方程式とは、気体の状態を結ぶ関係式です。

3 方針

まず4つの量 P, V, T, n のうち、どれが一定でどれが変化するかを見ます。そのうえで、一定なものを固定して比例関係を読むか、まとめて理想気体の状態方程式で整理します。

4 直感的な説明

気体を押し縮めれば、同じ分子がより狭い空間に入るので、壁にぶつかる頻度が増え、圧力は大きくなります。また、加熱すると分子の運動が激しくなり、やはり圧力や体積に影響します。

5 厳密な説明

5.1 1. ボイルの法則

温度と物質質量が一定なら

$$PV = \text{const.}$$

です。

5.2 2. シャルルの法則

圧力と物質質量が一定なら

$$\frac{V}{T} = \text{const.}$$

です。ただし T は K で表します。

5.3 状態方程式

理想気体では

$$PV = nRT$$

が成り立ちます。

ここで気体定数は R [$\text{J}/(\text{mol}(\text{gas}) \cdot \text{K}); \text{ML}^2 \text{T}^{-2} \text{N}_{\text{amt}}^{-1} \Theta^{-1}$] と見ます。左辺は

$$P \left[\text{Pa}; \text{ML}^{-1} \text{T}^{-2} \right] \Big|_{\text{Pa}} \times V \left[\text{m}^3; \text{L}^3 \right] \Big|_{\text{Pa} \cdot \text{m}^3} \Rightarrow PV \left[\text{J}; \text{ML}^2 \text{T}^{-2} \right]$$

であり、右辺も

$$n \left[\text{mol}(\text{gas}); \text{N}_{\text{amt}} \right] \Big|_{\text{mol}(\text{gas})} \times R \left[\text{J}/(\text{mol}(\text{gas}) \cdot \text{K}); \text{ML}^2 \text{T}^{-2} \text{N}_{\text{amt}}^{-1} \Theta^{-1} \right] \Big|_{\text{J/K}} \times T \left[\text{K}; \Theta \right] \Big|_{\text{J}}$$

となり、両辺がエネルギーの単位と次元で一致します。

6 見分け方

- 温度・圧力・体積のうち、どれが固定かを先に確認します。
- 温度を摂氏でそのまま使うのは誤りなので、K に直します。
- モル数が変わる反応と気体の問題が一緒に出るときは、まず物質量を確定してから状態方程式を使います。

7 最終形

$$PV = \text{const.}$$

$$\frac{V}{T} = \text{const.}$$

$$PV = nRT$$

8 一言でいうと

- 気体の法則は、圧力・体積・温度・物質量のどれを固定しているかを見ると整理できます。