

# 第5回 熱力学の設定

10月31日

## 本日の内容

Chapter 5 熱力学の設定

5-2. 熱と仕事 (教科書1の5.2, 5.3、教科書2の2.3) [先週]

5-3. 壁と温度 (教科書2の2.1.2)

5-4. 環境 (教科書2の2.1.3)

5-5. 物質の熱力学的性質：とくに熱容量について (教科書1の5.3、教科書2の2.2)

5-6. 形式的設定 (教科書2の2.4)

5-6-1. 状態と状態変数 (教科書2の2.4.1)

5-6-2. 示量変数と示強変数 (教科書2の2.4.2)

5-6-3. 過程 (教科書2の2.4.3)

5-6-4. 仕事と熱 (教科書2の2.4.4)

5-7. 準静的過程 (教科書2の2.5)

## 休講予定

来週と再来週 (11/07,14) は休講です。

## 本日のレポート問題

締切：11月17日 (月) 午後7時 理学館 203-2 号室前

[問題 4.1] 等温圧縮率と熱膨張率から状態方程式を求める

等温圧縮率

$$\kappa_T = - \left( \frac{\partial \ln V}{\partial P} \right)_T \quad (1)$$

と熱膨張率

$$\alpha = \left( \frac{\partial \ln V}{\partial T} \right)_P \quad (2)$$

から状態方程式を求める問題。状態方程式は  $V = V(P, T)$  もしくは  $P = P(V, T)$  の形で求めよ。

(1) 等温圧縮率と熱膨張率が定数

$$\kappa_T(T, P) = \kappa_0 \quad (3)$$

$$\alpha(T, P) = \alpha_0 \quad (4)$$

であるような物質の状態方程式を求めよ。ただし、 $(T, P) = (T_0, P_0)$  のとき  $V = V_0$  とせよ。

(2) 等温圧縮率と熱膨張率が

$$\kappa_T(T, P) = \frac{1}{P} \quad (5)$$

$$\alpha(T, P) = \frac{1}{T} \quad (6)$$

であるような物質の状態方程式を求めよ。ただし、 $(T, P) = (T_0, P_0)$  のとき  $V = V_0$  とせよ。さらに、 $(T_0, P_0, V_0)$  がどうなれば、これが理想気体の状態方程式になるか？

[問題 5.1] 空気の加熱冷却

空気は、熱容量（定積熱容量）が  $C = (5/2)NR$  となる理想気体だと見なすことにする。空気は、窒素が 80 % で酸素が 20 % からなるものとする。なお、必要な値（ $R$  の値と窒素や酸素の分子量）は自分で調べることに。

(1) 空気のモル比熱と単位質量あたりの比熱を（数字で）求めよ。

(2) 1 気圧で体積が  $27 \text{ m}^3$ （6 畳の部屋の大きさくらい）の空気を、体積が一定のまま  $0^\circ\text{C}$  から  $20^\circ\text{C}$  まで暖めるのに必要な熱を求めよ。

(3) 地球大気の質量は  $5.1 \times 10^{18} \text{ kg}$  程度である。地球大気は、太陽から  $1.2 \times 10^{17} \text{ W}$  の熱を光の形で受け取り、同時に、宇宙空間に同じ量の熱を出している。このことによって、地表の温度は一定に保たれている。ただし、ここの話では、地面や海は無視することにする（必ずしも良い近似ではない）。

さて、今、全面核戦争の結果として、ススやチリにより太陽の光が遮られて太陽からの熱が地表に届かなくなったとする（「核の冬」問題）。一方で、大気から宇宙空間への熱の放出は今までと変わらないとする。そうすると、地球大気が平均的に 20 度冷えるのにかかる時間は何日か？なお、空気の比熱としては (1) で求めた定積比熱を使って構わないものとする（本当は定圧比熱の方が良いが）。