

第5回 ケルビンの原理

5月18日

本日の内容

- 0-1. 前回の復習：とくに内部エネルギーの決定に関して
- Chapter 4 熱力学第2法則
- 4-1. 永久機関
 - 4-1-1. ケルビンの原理
- 4-2. 等温過程における熱力学原理
 - 4-2-1. 最小仕事の原理
 - 4-2-2. 最大吸熱の原理
- 4-3. 二温度機関

講義スケジュール

来週 (5/25) は休講とします。

本日のレポート問題

締切：5月30日(月) 午後1時 E121号室前

[問題 3.3] 固体の内部エネルギー

固体は圧力 P や温度 T が変わったときの体積変化が小さい。すると、一つの考え方として、状態方程式を次のように書くことを思いつく。

$$V(T, P) = V_0 \exp(\alpha T - \kappa P) \quad (1)$$

ここで、 V_0 は $T = 0, P = 0$ における体積、 α, κ は定数である。

なお、熱膨張率は $\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$ と定義されるので、上の状態方程式では α は熱膨張率に等しい。また、

等温圧縮率は $-\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$ と定義されるので、上の状態方程式では κ は等温圧縮率に等しい。

固体の熱容量は(今のところ)定数と仮定しよう。それを C_0 と書くことにする。

さて、問題はここから。

この固体の内部エネルギー $U(T, V)$ を計算せよ。ただし、 $U(T = 0, V = V_0) = U_0$ とする。また T は一定として、 U を V の関数と見たときのグラフの概形を描け。

[問題 4.1] van der Waals 気体の内部エネルギーと準静的仕事・熱 (教科書の演習問題 3.3 と 4.3 に相当)

van der Waals 気体は状態方程式が

$$P = \frac{NRT}{V - bN} - \frac{aN^2}{V^2} \quad (2)$$

で表される気体である。ここで、 a, b はある定数である。

熱容量は理想気体と同じで

$$C = cNR \quad (3)$$

とする。ここで、 c はある定数である。

この気体について以下の問いに答えよ。

(1) 内部エネルギー $U(T, V)$ を計算せよ。ただし、 $U(T = 0, V \rightarrow \infty) = 0$ とせよ。

(2) 等温準静的過程での仕事 $W[T, V_0 \xrightarrow{\text{iqs}} V_1]$ と熱 $Q[T, V_0 \xrightarrow{\text{iqs}} V_1]$ を計算せよ。