

第8回 ケルビンの原理、カルノー機関

11月27日

本日の内容

Chapter 6 熱力学第1法則

6-4. エネルギー方程式の味わい方

6-5. 断熱曲線 (教科書1の6.2、教科書2の3.3) [先週既に終わった]

Chapter 7 熱力学第2法則

7-1. 永久機関 (教科書2の4.1)

7-2. ケルビンの原理 (教科書2の4.1.1)

7-3. 等温過程における熱力学原理 (教科書2の4.2)

7-4. 二温度機関 (教科書2の4.3)

7-5. カルノーの定理 (教科書2の4.4)

7-5-1. カルノー機関 (教科書2の4.4.1)

7-5-2. カルノーの定理の証明 (教科書2の4.4.2)

7-6. 絶対温度 (教科書1の10.4、教科書2の4.5)

7-7. エネルギー方程式の証明 (教科書2の演習問題4.5)

本日のレポート問題

締切：12月1日(火) 午後7時 理学館203-2号室前

[問題7.1] van der Waals カルノー機関

カルノー効率 η が物質に依存しないことを確認するために、van der Waals 気体のカルノー機関を考えて、

$$\frac{Q[T_+, V_0 \xrightarrow{\text{iqs}} V_1]}{T_+} = \frac{Q[T_-, V_2 \xrightarrow{\text{iqs}} V_3]}{T_-} \quad (1)$$

が成立することを確かめよ (これが問題)。記号の意味は、教科書(4.24)式と同じである。

前提としては、以下のことを用いて良い。まず、状態方程式は van der Waals の状態方程式で

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

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。この場合、前の問題でやったように、等温準静的過程での熱は

$$Q[T, V_0 \xrightarrow{\text{iqs}} V_1] = NRT \log \frac{V_1 - bN}{V_0 - bN} \quad (4)$$

となり、断熱曲線は

$$T^c(V - bN) = \text{const.} \quad (5)$$

で表される。