

3-17 [エントロピーの測定方法]:エントロピーの温度依存性は比熱を用いて次のように表せることを示せ .

(a) 定積熱容量を $C_V(T)$ として , 体積一定の条件:

$$S(T, V) - S(T_0, V) = \int_{T_0}^T dT \frac{C_V(T)}{T}.$$

(b) 定圧熱容量を $C_P(T)$ として , 圧力一定の条件:

$$S(T, P) - S(T_0, P_0) = \int_{T_0}^T dT \frac{C_P(T)}{T}.$$

ここで状態方程式 $P_0 = P(T_0, V)$ を満たすとする .

3-18 [理想気体のエントロピー]:理想気体の定積熱容量 , 定圧熱容量は , それぞれ温度に依らない定数 C_V, C_P であり , それらには R を気体定数としてマイヤーの関係式 ($C_P = C_V + R$) が成り立つ . このことを用いて , 3-17 の 2 つの標識から得られるエントロピーが同等であることを示せ .

3-19 [真空膨張]: 一般の気体 (液体) で自由膨張は不可逆であることを示せ .

3-20 [Van der Waals 気体のエントロピー]:Van der Waals 気体のエントロピーを求めよ . ただし、熱容量は理想気体と同様に定数としてよい .

4 熱力学関数

4-1 [完全な熱力学関数 1]: $S(U, V)$ が完全な熱力学関数であることを確かめよ .

4-2 [完全な熱力学関数 2]: Gibbs の自由エネルギー $G(T, P)$ が完全な熱力学関数であることを示せ .

4-3 [エンタルピー]: エンタルピー H は , $H = U + PV$ で定義される . このエンタルピー $H(S, P)$ が完全であることを確かめよ .

4-4 [エネルギー方程式]:エネルギー方程式

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = -P + T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V$$

が成り立つことを示せ .

4-5 [Maxwell 関係式]: Gibbs の自由エネルギーから導かれる Maxwell 関係式を求めよ .

4-6 [不完全な熱力学関数]: $U(T, V)$ が完全な熱力学関数でないことを説明せよ .

4-7 [理想気体のヘルムホルツ自由エネルギー]: 1 モルの理想気体の Helmholtz 自由エネルギーを求めよ . また , Maxwell 関係式 $\left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V$ を確認せよ .

5 相転移の熱力学

- 5-1 [Clausius-Clapeyron の式]: 液相-固相の共存曲線に関する Clausius-Clapeyron の式,

$$\frac{dP}{dT} = \frac{Q}{T(v_L - v_S)}$$

を導け. ただし, Q は単位質量の固体が液体になるときに吸収する溶解熱であり, v_L, v_S は単位質量あたりの液相, 固相での体積とする.

- 5-2 [水の氷点降下]: 一気圧, 0°C における水の $v_L = 10^{-3}\text{m}^3/\text{Kg}$, $v_S = 1.091 \times 10^{-3}\text{m}^3/\text{Kg}$ である. また融解熱 $Q = 80\text{cal/g}$ である. 共存曲線の圧力依存性を議論せよ. 具体的には, 圧力を上げると氷点は上がるか下がるか?

第二回熱力学レポート問題

福島孝治 (東京大学大学院総合文化研究科)

問題 1 「真空膨張」: 理想気体の真空膨張が不可逆であることを説明せよ. また, 一般の気体についても真空膨張は不可逆であることを示せ.

問題 2 「エントロピー」: Van der Waals 気体のエントロピーを求めよ. ただし, 熱容量は理想気体と同様に定数としてよい.

問題 3 「エンタルピー」: エンタルピーは $H(S, P) = U + PV$ で定義される. このエンタルピーが完全な熱力学関数であることを説明せよ. また, このエンタルピーから求まる Maxwell の関係式を求めよ.

問題 4 「講義について」: 講義に関するコメントがあれば。。。

〆切は 8 月 3 日とする. 提出先は 16-221A の前の封筒で, 〆切後に講義の WEB ページに解答例を示す.