

科 目 【化学工学 I】 化学熱力学 (1 枚)

問題 1 [30 点]

n mol の完全気体を作業物質とする図 1 のようなカルノーサイクルについて、次の問いに答えよ。ただし、始状態 A から状態 B, C, D を経て終状態 A に戻る過程を 1 サイクルとして考え、I から IV の過程は可逆的に起こっているものとする。また、高温および低温熱源の温度は、それぞれ T_h および T_c とする。気体定数は R とする。

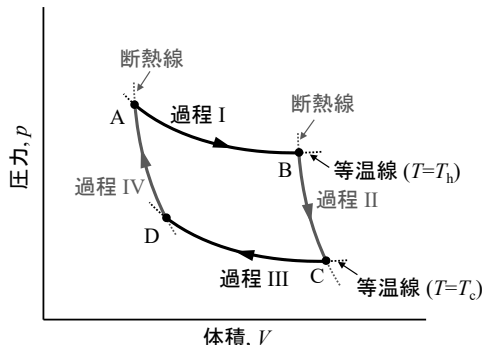


図 1. カルノーサイクルの p - V 線図

- (1.1) I から IV の過程のエントロピー変化を ΔS_I , ΔS_{II} , ΔS_{III} , ΔS_{IV} とするとき、それぞれのエントロピー変化の値を、状態 A, B における体積 V_A , V_B を用いて表せ。
- (1.2) 過程 I において、エントロピーは増大するか、減少するかをその理由とともに示せ。
- (1.3) 1 サイクル後のエントロピー変化を計算し、エントロピーは状態量であることを示せ。
- (1.4) カルノーサイクルを T - S (温度-エントロピー) 線図で示せ。ただし、状態 X ($X = A, B, C, D$) におけるエントロピーは、 S_X とし、各状態の温度と過程 I から IV の循環過程を図中に明示せよ。
- (1.5) T - S 線図の循環過程で囲まれる面積が、この熱機関でなされる仕事と等しいことを示せ。

問題 2 [20 点]

以下の問いに答えよ。なお、気体定数は $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ である。

- (2.1) 互いに反応しない物質 A (モル質量 60 g mol^{-1}) と物質 B (モル質量 120 g mol^{-1}) の混合液体 1.0 kg の体積は 900 cm^3 であり、物質 B のモル分率および部分モル体積はそれぞれ 0.45 および $80 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ であった。物質 A の部分モル体積を求めよ。
- (2.2) $25 \text{ }^\circ\text{C}$ におけるある溶媒 (モル質量 80 g mol^{-1}) に対する物質 C (モル質量 180 g mol^{-1}) の溶解について考える。物質 C の融解エンタルピーおよび融点はそれぞれ 29 kJ mol^{-1} および $220 \text{ }^\circ\text{C}$ である。物質 C の溶解度を求めよ。
- (2.3) 気体 D は $2\text{D}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{E}(\text{g}) + \text{F}(\text{g})$ の解離平衡が成り立ち、 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ において 3.0% が解離している。標準反応ギブズエネルギーを求めよ。ただし、気体 D, E, F は理想気体 (完全気体) であるとする。