

計算の仕方や考え方も簡単に記すこと。ただし、答案用紙 1 枚に収めること。

問 1 高温系 H と低温系 L を、透熱壁を介して接触させた場合について、以下の問いに答えよ。ただし、H にとっても L にとってもゆっくりした過程 (過程の途中における H, L それぞれの状態が平衡状態とみなせる過程) だとする。

1.1 H から L へと僅かの熱 $d'Q$ ($\neq 0$) が流れるまでの過程を考える。熱を流す前の H, L の温度を、それぞれ T_H, T_L とする ($T_H > T_L$)。全系 (H と L を合わせた系で、孤立系とみなせるとする) のエントロピー S_{tot} の変化 dS_{tot} を、 $T_L, T_H, d'Q$ で表せ。

1.2 前問の結果を用いて、 $d'Q$ が正であるか負であるかを答えよ。(答えだけでは 0 点)

1.3 H と L の間の透熱壁が堅い断物壁であるとすると、 $d'Q$ が流れた後の H, L の温度は、それぞれ T_H, T_L よりも上がるか下がるか? (答えだけでは 0 点)

なお、1.2 の結果はプリントの定理 9.5 に比べて、ゆっくりした過程に限っている点では狭いのだが、H と L の間が堅い断物壁でなくてもよい点では拡張になっている。出版時にはこれも定理として述べる予定である。

問 2 ある高温系 H からうけとった熱 Q_H を、適当な外部系 e への仕事 W_e に変換し、余った熱を低温系 L に捨てるサイクル過程について、以下の問いに答えよ。

2.1 この場合の効率、即ち熱から仕事への変換効率 $\eta_{Q \rightarrow W}$ として相応しいと思われる定義を述べよ。

2.2 H, L がともに熱浴である場合に、それぞれの温度を T_H, T_L として、 $\eta_{Q \rightarrow W}$ の最大値を求めよ。ただし、必要ならば、次の Clausius の不等式を用いて良い:

$$\sum_i \frac{Q_i}{T_i} \leq 0$$

問 3 以下の問いに答えよ。ただし、 \ln は自然対数、 ϵ, γ, K は正定数である。

3.1 基本方程式が次式で与えられる系のヘルムホルツの自由エネルギー $F(T, V)$ を求めよ。

$$S(U, V) = \left(\frac{U}{\epsilon} + \frac{V}{\gamma} \right) \ln \left(\frac{U}{\epsilon} + \frac{V}{\gamma} \right) - \frac{U}{\epsilon} \ln \frac{U}{\epsilon} - \frac{V}{\gamma} \ln \frac{V}{\gamma} \quad (U > 0, V > 0). \quad (1)$$

3.2 基本方程式が次式で与えられる系のヘルムホルツの自由エネルギー $F(T, V, N)$ を求めよ。

$$S(U, V, N) = K(UVN)^{1/3} \quad (U > 0, V > 0, N > 0). \quad (2)$$

3.3 透熱・断物の堅い材料でできた容器が、透熱・断物の薄い可動壁で部分系 1, 2 に仕切られており、1 の方には基本方程式が (1) であるような物質を入れ、2 の方には基本方程式が (2) であるような物質を入れた。この複合系 1+2 を、温度 T の熱浴につけて十分長い時間放っておいたら、平衡状態に達した。このときの 2 の体積はいくらか?

問 4 講義や試験について、良い点・悪い点を述べよ。3 行以上あれば内容の如何にかかわらず、一律に多少の点を与えるので、自由に思った通りに書くこと。