

熱力学・第1回レポート

担当教員：桂 法称

2023年度夏学期

以下の大問1~3に解答せよ。ただし、レポートには答えだけでなく、解答に至るまでの過程も記述せよ。

問題1

図1の p - V 図上のサイクルで表される熱機関(ディーゼルサイクル)を考える。

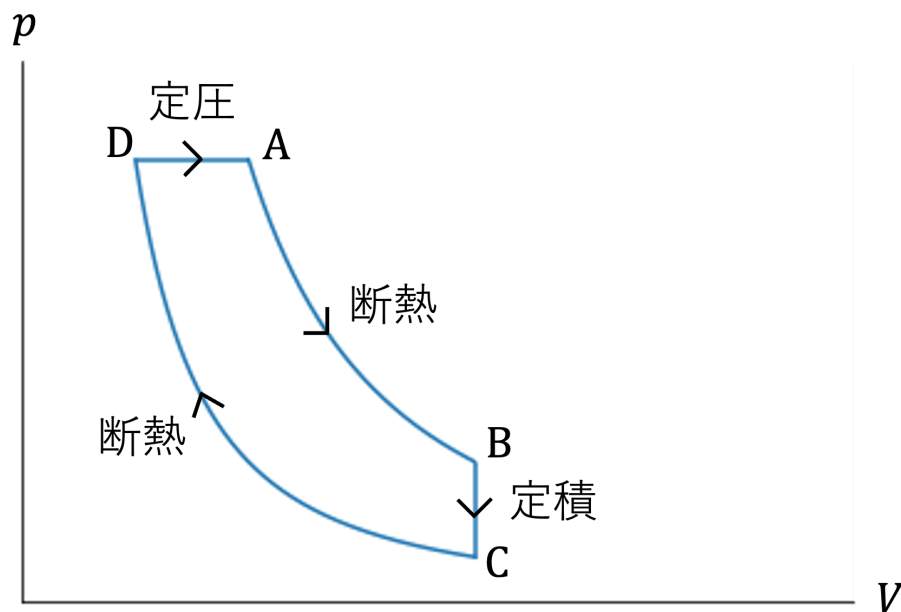


図1

このサイクルにおいて、 $A \rightarrow B$ は断熱膨張、 $B \rightarrow C$ は定積変化、 $C \rightarrow D$ は断熱圧縮、 $D \rightarrow A$ は定圧変化を表しており、各過程は準静的に行うとする。以下の小問(a)~(f)に

答えよ。ただし以下では、作業物質として1モルの理想気体を考えることにし、その定積熱容量を C_V 、定圧熱容量を C_p とする。また、各状態 $i (= A, B, C, D)$ での体積、温度をそれぞれ V_i, T_i とする。

- (a) $A \rightarrow B$ で気体が受け取る熱量 Q_1 と気体がされる仕事 W_1 を、それぞれ C_V, T_A, T_B を用いて表せ。
- (b) $B \rightarrow C$ で気体が受け取る熱量 Q_2 と気体がされる仕事 W_2 を、それぞれ C_V, T_B, T_C を用いて表せ。
- (c) $C \rightarrow D$ で気体が受け取る熱量 Q_3 と気体がされる仕事 W_3 を、それぞれ C_V, T_C, T_D を用いて表せ。
- (d) $D \rightarrow A$ で気体が受け取る熱量 Q_4 と気体がされる仕事 W_4 を、それぞれ C_V, C_p, T_A, T_D を用いて表せ。
- (e) 熱効率 η を、 T_A, T_B, T_C, T_D と $\gamma = C_p/C_V$ を用いて表せ。
- (f) 熱効率 η を、 $V_A, V_B (= V_C), V_D$ と $\gamma = C_p/C_V$ を用いて表せ。

問題 2

図 2 のような、透熱壁で仕切られた断熱容器を考える。この容器の左側に温度 T_1 、体積 V_1 、物質質量 n_1 モルの理想気体を、右側には温度 T_2 、体積 V_2 、物質質量 n_2 モルの理想気体を封入し、十分長い時間放置すると、系の温度は一様な値 T_f になった。以下の小問 (a)~(d) に答えよ。ただし、 $T_1 > T_2$ とする。また、これらの気体の 1 モルあたりの定積熱容量を C_V とする。

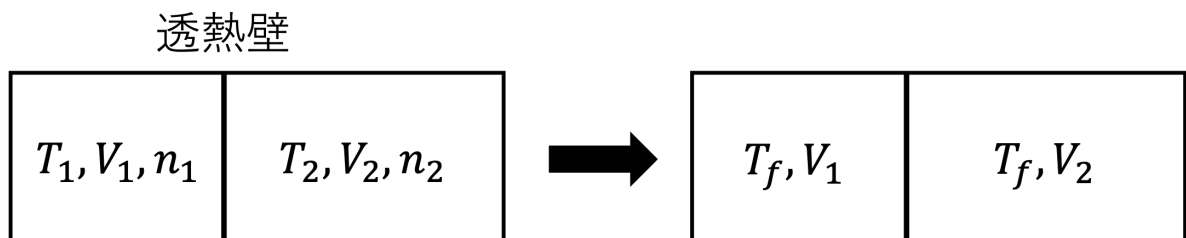


図 2

- (a) T_f を T_1, T_2, n_1, n_2 を用いて表せ。
- (b) 断熱過程と等温過程を組み合わせて図 2 の始状態と終状態をつなぐ準静的過程を構成せよ。
- (c) 図 2 の始状態から終状態でのエントロピー変化 ΔS を $T_1, T_2, T_f, n_1, n_2, C_V$ を用いて表せ。
- (d) ΔS が正であることを、(c) で求めた表式を用いて示せ。

問題 3

圧力 p 、体積 V 、温度 T 、物質質量 1 モルの van der Waals 気体を考える。このとき、この van der Waals 気体の状態方程式は以下で与えられる。

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

ここで、 R は気体定数、 a, b は定数である。また、以下では van der Waals 気体の 1 モルあたりの定積熱容量 C_V は定数であるとする。以下の小問 (a)~(c) に答えよ。

- (a) この気体の内部エネルギー U を、 T, V の関数として表せ。
- (b) この気体のエントロピー S を、 T, V の関数として表せ。
- (c) 準静的な断熱過程では、van der Waals 気体においても理想気体と同様の関係式

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b)^{\boxed{\text{あ}}} = (\text{const})$$

が成り立つ。 $\boxed{\text{あ}}$ を R, C_V を用いて表せ。