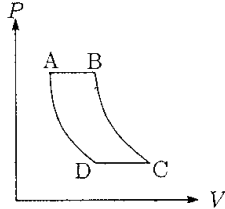


1. 相平衡条件とクラペイロンの式について3,4行程度で説明せよ。式や図を使ってもよい。
2. 1 atmのもとで水の沸点は100℃で、蒸発熱(エンタルピー変化)は41 kJ/molである。水1 molが蒸発して水蒸気になるときの内部エネルギー変化 $\Delta U$ を求めよ。ただし水蒸気を理想気体とみなしてよい。また水の体積は水蒸気の体積に比べて十分小さく、蒸発による体積変化 $\Delta V$ は水蒸気の体積で近似してよい。気体定数の値は $R = 8.3 \times 10^{-3}$  kJ/(mol K)とする。
3. ジュールサイクルは図のように定圧過程 $A \rightarrow B, C \rightarrow D$ と準静的断熱過程 $B \rightarrow C, D \rightarrow A$ を交互に行う循環過程である。作業物質は1モルの単原子理想気体とし、状態Aにおける温度を $T_A$ などと書く。圧力は $P_A = P_B, P_C = P_D$ となっている。



- (1) 定圧過程 $A \rightarrow B$ において気体の内部エネルギー変化 $\Delta U$ 、エンタルピー変化 $\Delta H$ 、エントロピー変化 $\Delta S$ を求めよ。答えは気体定数 $R$ と温度 $T_A, T_B$ を用いて表すこと。
- (2) 温度 $T_B, T_D$ の熱源を用い、ジュールサイクルを2温度サイクルとして実現するとき熱効率 $\eta$ を求めよ。答えには $T_A, T_B, T_C, T_D$ を用いてよい。また $\eta$ を $P_C/P_A$ のみを用いて表す式を与えよ。
- (3) カルノーの定理とは何か説明せよ。また、それに基づいて(2)の結果についての考察を述べよ。
- (4) 横軸をエントロピー $S$ 、縦軸を温度 $T$ としてジュールサイクルの $T-S$ 図を描きなさい。A, B, C, Dの位置を明記すること。また、2点を結ぶ線は直線か上に凸か下に凸かが分かるように描くこと。

4.

- (1) 熱力学第一法則の微分形、すなわち $dU$ を $dS$ と $dV$ で表す式を書きなさい。また、それから導かれるマクスウェルの関係式を書きなさい。

温度 $T$ と圧力 $P$ が、体積 $V$ とエントロピー $S$ により

$$T = \frac{9aS^2}{V}, \quad P = \frac{3aS^3}{V^2}$$

と表される物体があるとする。ここで $a$ は正の定数である。

- (2) 内部エネルギー $U$ を $S, V$ の関数として表しなさい。ただし $S=0$ のとき $U=0$ とする。(ヒント:(1)の $dU$ に上の $T, P$ を代入して積分。)
  - (3) 温度 $T_0$ 、体積 $V_0$ の状態から断熱自由膨張させて体積を $8V_0$ にした。終状態の温度 $T_1$ とエントロピー $S_1$ を求めよ。
  - (4) この物体のヘルムホルツ自由エネルギー $F$ を $V, T$ の関数として表しなさい。
  - (5) 温度 $T$ の等温過程により、この物体の体積を $V_0$ から $9V_0$ にかえる。物体のする仕事はどのような場合に最大になるか。またその最大値 $W$ を求めよ。
5. 授業や内容についての自由な感想、意見、批判も歓迎。何を書いても(書かなければ)なし。なお、略解は近日中にWeb pageにuploadの予定。

注意：以下のことを怠った場合には、不正行為として取り扱われることがある。

- ・ 試験中は、本人確認のため、常に学生証を机の上に置いて受験すること。
- ・ 机の上には、学生証の他、筆記用具、時計、教員から特に認められた物以外は置かないこと。
- ・ これ以外の物が見えることのないよう鞆等に収納した上で、机の中、脇の椅子または床の上に置くこと。
- ・ 携帯電話等は必ず電源を切って鞆等にしまうこと。携帯電話等を時計や電卓の代わりに使用してはならない。
- ・ 解答用紙や計算用紙は所定の枚数を超えて取ってはならない。答案を提出せずに持ち帰ってはならない。
- ・ 試験監督者並びに科目担当教員の試験に関する指示に従うこと。明らかに試験に支障を来かす行為は行ってはならない。