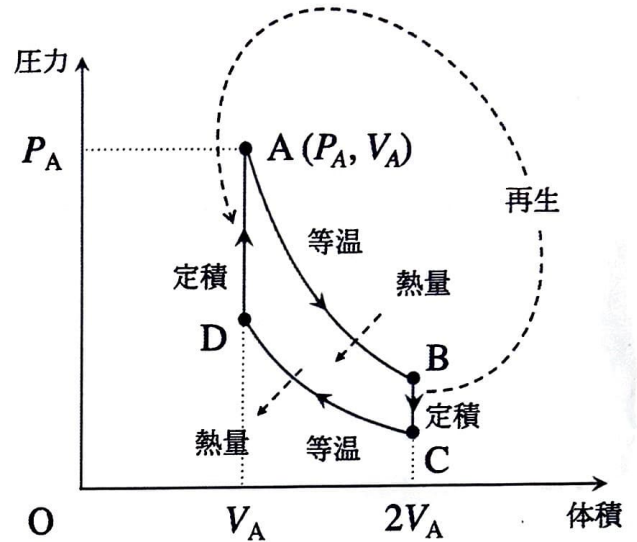


Q1:

授業のデモ実験で取り扱った「スターリングサイクル」の熱効率を求めよう。スターリングサイクルとは、 $A \rightarrow B$  と  $C \rightarrow D$  が等温変化で、 $B \rightarrow C$  と  $D \rightarrow A$  が定積変化する過程である。また過程  $B \rightarrow C$  で放出した熱量は、再生器を介して過程  $D \rightarrow A$  で全て再利用されるため高い熱効率を有する。なお本問題では、状態  $A$  における圧力を  $P_A$ 、体積を  $V_A$  とし、 $A \rightarrow B$  における体積変化を 2 倍とし、 $B \rightarrow C$  における温度変化を  $1/c$  とする。いずれの過程も可逆過程であり、準静的過程で状態変化するものとする。気体は 1 mol の理想気体とし、定積比熱を  $C_v$ 、定圧比熱を  $C_p$ 、気体定数を  $R$  とする。



- 1) 状態  $B$  における温度を求めよ。
- 2)  $A \rightarrow B$  の過程で、気体が得た内部エネルギー  $U_{AB}$  を求めよ。
- 3)  $A \rightarrow B$  の過程で、気体が外部にした仕事  $W_{AB}$  を求めよ。
- 4)  $B \rightarrow C$  の過程で、気体が得た内部エネルギー  $U_{BC}$  を求めよ。
- 5)  $B \rightarrow C$  の過程で、気体が外部にした仕事  $W_{BC}$  を求めよ。
- 6) サイクルが一周した際に気体が吸収した熱量  $Q_{cycle}$  を求めよ。
- 7) サイクルが一周した際に気体が外部にした仕事  $W_{cycle}$  を求めよ。
- 8) スターリングサイクルにおける熱効率を求めよ。
- 9) カルノーサイクルの熱効率と比較しなさい。
- 10) 上記の解を踏まえながら、スターリングエンジンの熱効率が理想的な上限に到達できない理由を論じなさい。物理モデルの限界や設計上の原因などに着目した高度な説明を歓迎します。

Q2:

以下の気体分子の設問に答えなさい。なお気体の速度分布はガウス分布  $f(v^2) = N_A \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$  に従う。

必要に応じてガウス積分  $\int_0^\infty x^{2n} e^{-ax^2} dx = \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdots (2n-1)}{2^{n+1} a^n} \sqrt{\frac{\pi}{a}}$  または  $\int_0^\infty x^{2n+1} e^{-ax^2} dx = \frac{n!}{2a^{n+1}}$  を用いて良い。

- 1) 1mol の理想気体分子の根二乗平均速度  $\sqrt{v^2}$  を求めなさい。
- 2) 1mol の理想気体分子の平均速度  $\bar{v}$  を求めなさい。
- 3) ガウス分布に従う現象の名前、縦軸  $y$ 、横軸  $x$  を対応付けて述べよ。いくらでも解答して良い。ただし誤った解答は減点の対象となります。高度な回答を歓迎します。