

物理学演習 B [発展コース] レポート問題

担当 栗本 (krmt@sci.u-toyama.ac.jp)

この問題の解答をレポートとして、2011年1/13(木)までに提出すること。提出先: A218室のドアポスト

1. 圧力 p_1 , 体積 V_1 を持つ 1 mol の理想気体を, 圧力 p_2 , 体積 V_2 まで等温膨張させ, 次に体積を V_2 に保ったまま圧力が p_3 になるまで準静的に変化させる. 最後に, 断熱圧縮して元の状態へ戻す. 圧力が p_1 に戻るまで準静的に加熱する. 定圧比熱を C_p , 定積比熱を C_v , 気体定数を R として以下に答えよ.

- (a) この循環過程の p - V 曲線を描け.
- (b) 最後の断熱変化で元の状態に戻るためには, p_3 をいくらしなければならないか. V_1, V_2 と p_1 を用いて表せ.
- (c) 最初の等温過程で気体が吸収した熱量を求めよ.
- (d) 等積過程で気体が放出した熱量を求めよ.
- (e) 1 サイクルの間に作業物質がなす仕事 W を求めよ.
- (f) このサイクルの熱効率を求めよ.

2. 1 モルの気体 (理想気体とは限らない) を考える.

- (a) $dU = TdS - PdV$ から $\frac{\partial S}{\partial V} = \frac{1}{T} \frac{\partial U}{\partial V} + \frac{P}{T}$ と $\frac{\partial S}{\partial T} = \frac{1}{T} \frac{\partial U}{\partial T}$ を示せ.
- (b) (a) の結果と $\frac{\partial^2 S}{\partial V \partial T} = \frac{\partial^2 S}{\partial T \partial V}$ を用いて $\frac{\partial U}{\partial V} = T \frac{\partial P}{\partial T} - P$ を示せ.
- (c) 状態方程式が $P = f(V)T$ の形に表せるとき, 内部エネルギーが体積に依存しないことを示せ.

3. 粒子が原点から出発して, 図のように右または上にだけ毎回距離 L だけ進むものとする. 粒子のエネルギーはその x 座標に比例して $E = ax$ で与えられるものとして以下の問いに答えよ.

- (a) N 回進んだときに粒子の x 座標が pL ($p \leq N$) となる場合の数を求めよ.
- (b) (a) からエントロピーを求め, 温度 T と p の関係を求めよ.
- (c) 高温の極限 ($T \rightarrow \infty$) での p の期待値を求めよ.

