

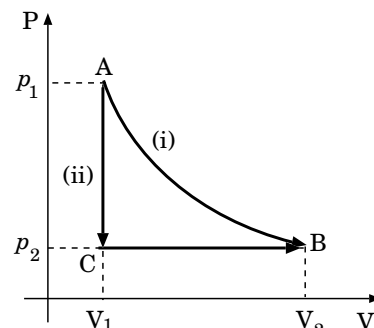
物理学演習 B [発展コース] 問題

担当 栗本 (krmt@sci.u-toyama.ac.jp)

エントロピーと熱力学第二法則

1. 1 mol の理想気体を圧力 p_1 , 体積 V_1 の状態から圧力 p_2 , 体積 V_2 の状態まで, 次の二通りの過程で変化させることを考える.

- (i) 自由断熱膨張させる.
- (ii) 体積を V_1 に保って圧力が p_2 になるまで準静的に変化させた後, 圧力を p_2 に保って体積が V_2 になるまで準静的に変化させる.



状態の微小な変化の際に気体が吸収する熱量を δQ で表したとき, それぞれの場合で $\int \frac{\delta Q}{T}$ がいくらになるかを求めよ. また, その結果から理想気体の自由断熱膨張は不可逆過程であることを示せ.

2. n mol の理想気体のエントロピーを求めよ.
3. 光子が集まった状態 (光子気体) のエネルギー密度 u , 輻射の圧力 P , 温度 T の間には

$$P = \frac{u}{3}, \quad u = \sigma T^4 \quad (\sigma \text{ は定数})$$

が成立する. このとき, 光子気体のエントロピー密度を求めよ.

4. 1 mol の理想気体に対し次のサイクル (カルノーサイクル) を考える.
- (i) 圧力 P_1 , 体積 V_1 の状態から準静的に等温膨張して圧力 P_2 , 体積 V_2 の状態に移る.
 - (ii) 圧力 P_2 , 体積 V_2 の状態から準静的に断熱膨張して圧力 P_3 , 体積 V_3 の状態に移る.
 - (iii) 圧力 P_3 , 体積 V_3 の状態から準静的に等温圧縮して圧力 P_4 , 体積 V_4 の状態に移る.
 - (iv) 圧力 P_4 , 体積 V_4 の状態から準静的に断熱圧縮して圧力 P_1 , 体積 V_1 の状態に移る.
- 各過程でのエントロピーの変化を求めよ. また, このサイクルの効率を求めよ.