

科目名：熱力学 [1 / 2]

(問題 [1], [2] は別々の答案用紙に解答すること)

- [1] ある閉じた系の準静的過程について熱力学第一法則 $du = Tds - Pd\upsilon$ が成り立つとする．ここで， u は比内部エネルギー， T は絶対温度， s は比エントロピー， P は圧力， υ は比体積である．以下の問いに答えなさい．

- (1) 以下の四つの偏導関数 (a)~(d) を， P, T などを用いて表しなさい．

$$(a) \left(\frac{\partial u}{\partial s} \right)_{\upsilon}, \quad (b) \left(\frac{\partial u}{\partial \upsilon} \right)_s, \quad (c) \left(\frac{\partial s}{\partial u} \right)_{\upsilon}, \quad (d) \left(\frac{\partial s}{\partial \upsilon} \right)_u$$

- (2) 熱力学第一法則を

$$ds = \frac{1}{T} \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_{\upsilon} dT + \left[\frac{1}{T} \left(\frac{\partial u}{\partial \upsilon} \right)_T + \frac{P}{T} \right] d\upsilon$$

の形に書く．この関係から導出される

$$\left(\frac{\partial u}{\partial \upsilon} \right)_T = T^2 [(e)]$$

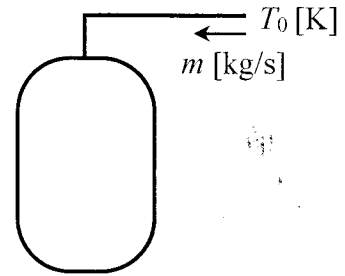
の形の式において，カッコ内 (e) を答えなさい．

- (3) 閉じた系内の物質について $T = u/c$ および $P = RT/\upsilon$ が成り立つものとする．ここで， c は定数， R は気体定数である．基準状態のエントロピーを $s_0 = s(u_0, \upsilon_0)$ と定めて，ここから $s(u, \upsilon)$ の状態までのエントロピー変化を $s(u, \upsilon) - s_0$ とする． $s(u, \upsilon)$ を求めなさい．
- (4) 設問 (3) において，状態変化が断熱的であるとき， u と υ の関係を示しなさい．

科目名：熱力学 [2 / 2]

(問題[1], [2]は別々の答案用紙に解答すること.)

- [2] 周囲環境（圧力 P_0 [Pa], 温度 T_0 [K]）と熱平衡状態にある真空状態の断熱圧力容器（内容積 V [m³]）に、右図に示すように温度 T_0 [K] の理想気体（気体定数 R [J/(kg·K)], 比熱比 κ ）を一定の質量流量 m [kg/s] で充填する．運動エネルギー，位置エネルギー，容器の熱容量を無視し，準静的過程で扱えるものとする．以下の問いに答えなさい．解答では単位を明記すること．



- (1) 充填開始から t 秒後の容器内の気体の質量 M を求めなさい．
- (2) 充填開始から t 秒後の容器内の気体のエネルギー E を求めなさい．
- (3) 充填開始から t 秒後の容器内の気体の圧力 P を求めなさい．
- (4) 充填開始から t 秒後において，容器内の温度を T_0 にするために必要な冷却熱量 Q を求めなさい．
- (5) 充填するための気体が周囲環境と平衡状態にある場合，充填のためには昇圧が必要となる．耐圧 $P_{\max}$ の容器に容器内温度が T_0 となるように充填する場合，その充填量を最大にできるシステムを示すとともに，その機能を説明しなさい．