

熱力学/2010年度試験 /担当 佐々

2010/09/01 15:05-16:35 実施 教科書・ノート持ち込み不可

問題 直方体の箱の中に気体が物質質量 N だけ閉じ込められている。ある温度 T_c とある体積 V_c の近くで状態方程式を測定すると、 $T \geq T_c$ では

$$P(T, V) = -a(T - T_c) \left(\frac{V - V_c}{N} \right) - b \left(\frac{V - V_c}{N} \right)^3 + P_c$$

でよく近似された。 a, b, P_c は正の定数である。以下で考える温度や体積ではこの状態方程式を仮定する。熱容量については未だ決定されていない。以下の間に答えよ。ただし、「 $\bigcirc\bigcirc$ で表せ」というとき、全ての記号を使うとは限らない。(注：答えまで到達しない場合でも、問題に関係すると予想される考え方や公式を書けば、部分点の対象になる。)

- (1) 温度 T が一定の環境で、箱の体積を V_c から V までゆっくり変化させる。このとき、気体にする仕事 W を求めよ。
- (2) この気体の自由エネルギーを $F(T, V)$ と記す。 $F(T, V)$ を $T - T_c, V - V_c, N, a, b, P_c, F(T, V_c)$ で表せ。
- (3) この気体のエントロピーを $S(T, V)$ と記す。 $S(T, V)$ を $T - T_c, V - V_c, N, a, b, P_c, S(T, V_c)$ で表せ。
- (4) 定積熱容量 $C(T, V)$ は体積に依存しないことを示せ。以下、熱容量は温度にも依存しないとし、 $C(T, V) = C_0$ と記す。
- (5) $S(T, V)$ を $T - T_c, V - V_c, N, a, b, P_c, C_0$ で表せ。
- (6) この気体を体積 V_c の断熱箱に入れる。体積を V にゆっくりと変化させると、温度が T_c から T_* になった。 T_* を $T_c, V - V_c, N, a, b, P_c, C_0$ で表せ。
- (7) この気体の内部エネルギー $U(T, V)$ を求めよ。
- (8) 体積 V_c の箱を断熱材で囲む。さらにその外側から体積 V の断熱箱で包む。二つの箱の隙間は真空だとする。温度 T_c の状態で内側の箱の壁を（仕事をすることなく）取り払い、体積 V に断熱自由膨張させると、温度が T_{**} になった。 T_{**} を $T_c, V - V_c, N, a, b, P_c, C_0$ で表せ。
- (9) 問(6)で求めた T_* と問(8)で求めた T_{**} の大小関係を第2種永久機関と関係づけて議論せよ。
- (10) 冒頭で与えた状態方程式は、 $T < T_c$ では正しく現象を記述しない。その状態方程式が $T < T_c$ で示す非物理的な様相を説明せよ。また、このときに実際に観測されるだろう現象を推測し、 $T < T_c$ で正しい状態方程式のグラフの概形を描け。