

熱力学/2003年度試験/担当 佐々

2003/09/01 15:00-16:30 実施 教科書・ノート持ち込み不可

I. 1次元のゴムを考える。温度 T の等温環境において自然長からの変位 x に対する復元力 f を測定すると、 $f = -ATx$ になった。 A は T, x に依存しない定数である。さらに、このゴムの x を固定したときの熱容量を測定すると、 T, x に依存しない定数 C だった。最初、ゴムは自然長にあり、そのときの温度が T_0 とする。以下の問いに答えよ。

(1) このゴムを断熱材で包んでゆっくり変位させるとゴムの温度が変位 x の関数 $T(x)$ としてもとまる。 $T(x)$ を具体的にもとめよ。

(2) この温度変化と室内でゴムを急激にのばしたときの温度変化が等しい理由をのべよ。

(3) 温度が一定に保たれた室内でゆっくりゴムののばしたときの内部エネルギー変化がないことを示し、このことからゴムの分子モデルの本質を説明せよ。

II. a, b を正の定数とする。状態方程式

$$P = \frac{NRT}{V - bN} - \frac{aN^2}{V^2} \quad (1)$$

にしたがう気体をファンデルワールス気体とよぶ。 b は1モルの分子が占有する体積であり、 $V > Nb$ が必要になっている。 $T > T_c = \frac{8a}{27Rb}$ のとき、 P は V の関数として単調減少になる。以下での温度は全てこの条件をみたすとする。この気体の定積熱容量を $C = 3NR/2$ とし、以下の問いに答えよ。

(1) 体積 V_1 の断熱箱が壁によって二つに仕切られている。その一方に物質 N のファンデルワールス気体を封じ込め、他を真空にする。平衡状態が実現したあとで、突然、仕切り壁を除くと、気体は自発的に膨張して箱全体の体積を占める。この過程を断熱自由膨張と呼ぶ。気体が最初に封じ込められた部分の体積を V_0 、そのときの温度を T_0 、壁を除いて十分時間が経った後の温度を T_1 とする。 $T_1 - T_0$ を求めよ。

(2) (V_0, T_0) の状態から断熱準静的にピストンを操作し気体の体積を V_1 にする。このときの温度を T_2 とする。 T_2 を求めよ。また、 T_2 と T_1 の大小関係について、熱力学第2法則の観点から議論せよ。

III. 流体を箱に閉じ込めて、温度 T の等温環境下で体積に対する圧力を測定すると、体積が V_0 から V_1 までの間に値をとる場合 ($V_0 < V_1$)、圧力は一定値 P_s に保たれていた。 V_0, V_1, P_s は温度 T に依存してきまる。この事実をふまえて、以下の問いに答えよ。

(1) 状態 (T, V_0) 、 (T, V_1) のエントロピーを S_0, S_1 とする。状態 (T, V_0) から状態 (T, V_1) の遷移で環境から吸熱する熱の最大値 L を S_0, S_1 を使ってあらわせ。

(2) $\frac{dP_s}{dT}$ を L, T, V_1, V_0 であらわせ。ただし、結果だけでなく、途中の式計算や考え方も丁寧に記せ。

IV. 熱力学について知っていることを何でも書いてよい。