

熱力学/2005年度試験/担当 佐々

2005/09/01 15:00-16:30 実施 教科書・ノート持ち込み不可

問題 (あ) 以下の設問に答えよ。問題は、大きく I, II にわかれており、全体として連続した 10 問の小問からなる。

I ひとつの壁に一定の圧力 P が働いている箱に気体が封入されている。この平衡状態での温度を T_0 、体積を V_0 とする。この気体を加熱して温度 T_1 、体積 V_1 の平衡状態をつくる。

(1) この過程 $(T_0, V_0) \rightarrow (T_1, V_1)$ において、圧力 P のした仕事を記せ。

(3) この気体の内部エネルギーを温度と体積の関数として $U(T, V)$ と記す。設問の過程において、気体が得た熱を $U(T_0, V_0)$, $U(T_1, V_1)$ P , V_0 , V_1 を使ってあらわせ。

(3) 気体の体積 V を温度と圧力の関数として考え、 $V(T, P)$ と記す。 $H(T, P)$ を

$$H(T, P) = U(T, V(T, P)) + PV(T, P)$$

によって定義する。設問の過程において、気体が得た熱を $H(T_0, P)$, $H(T_1, P)$ をつかってあらわせ。

(4) 圧力を一定に保ったときに単位温度を上昇させるのに必要な熱 C_p は定圧熱容量とよばれる。 $C_p(T, P)$ と $H(T, P)$ の関係を導け。

(5) 一般に、 $U(T, V)$ の体積依存性は

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = -P + T \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$$

によって決められる。この関係式を導け。

(6) $H(T, P)$ に対して、

$$\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

が成り立つ。この関係式を導け。

II 小さい孔がたくさんあいた動かない仕切り板で領域 A と領域 B のふたつに区切られた箱がある。箱全体は断熱されている。領域 A には仕切りでない壁に圧力 P_0 の力が働き、領域 B には仕切りでない壁に圧力 P の力が働いている。最初、領域 B の体積はゼロで領域 A にのみ気体が封入されている。このとき、温度 T_0 、体積を V_0 の平衡状態が実現している。この状態に対して、各々の圧力を一定に保ったまま、領域 A の体積をゆっくり減らし、領域 B の体積をゆっくり大きくする。小さい孔を介して、物質が移動できるので、このような操作が可能である。最終的に、領域 A の体積がゼロになり、領域 B に全ての物質が移動することになる。最終的に実現する平衡状態の温度を T_J 、体積を V_1 とする。 T_0 , P_0 を固定し、 T_J を P の関数として $T_J(P)$ と記す。

(7) 圧力 P_0 のした仕事 W_0 と圧力 P のした仕事 W_1 をそれぞれ記せ。

(8) 気体の内部エネルギー U を温度と体積 (T, V) の関数として、 $U(T, V)$ と記す。 $U(T_0, V_0)$, $U(T_J, V_1)$, W_0 , W_1 の間に成立する等式を記せ。

(9) 設問 (3) の $H(T, P)$ に対して、 $H(T_0, P_0)$ と $H(T_J(P), P)$ の関係を導け。

(10) 気体の状態方程式が $PV = NRT(1 + B(T)P)$ とあらわせるとせよ。 $\frac{dT_J}{dp}$, $C_p(T, P)$, $B(T)$ の関係を導け。

問題 (い) 次の 5 つの言葉から 3 つ以上を選び、各々を説明するとともに、選んだ言葉の関係について論じよ。「第 2 種永久機関」、「最小仕事の原理」、「カルノーサイクル」、「絶対温度」、「エントロピー」