

熱力学

金子邦彦

2001 年夏学期

[受験した感想]

この人、本当にやる気有るんだらうか...試験自体は非常に簡単です。でも講義は何を言っているのかさっぱりわかりません。適当に自分で勉強して試験に臨んでください。なお金子先生の講義は Fermi 流の講義です。教科書は佐々先生の教科書を買われるでしょうが、あれよりも Fermi の教科書か田崎先生の教科書の方がいいです。

[I] 温度 T 、体積 V 、 N モルでエントロピー $S(T, V)$ が $NR \log(T^c V/N)$ 、内部エネルギー $U(T, V)$ が $cNRT$ であらわされる理想気体を考える。

- 2 種類の成分からなる理想混合気体が体積 $2V$ の容器に入っており、それぞれの成分が N モルずつであったとする。温度を T として、この理想混合気体の内部エネルギーとエントロピーを求めよ。
- 全体を断熱壁で囲まれた体積 $2V$ の容器があり、始め、固定された断熱壁で同じ体積 V ずつの部分に仕切られている。ここで、それぞれには異なる種類の気体が同じモル数 N ずつ入っており、どちらも同じ温度 T であったとする。間の壁を取り除き、最終的に全体が体積 $2V$ 、温度 T_m の平衡状態になる過程を考える。系全体は断熱壁に囲まれたままで、外から仕事をしたりされたりもしないとする。この温度 T_m を求めよ。また、この過程を通してのエントロピーの変化を求めよ。ただし、2 種の気体は、互いに反応はせず、混同したものは理想混合気体として扱えるとする。
- 少しずつ仕事を取り出しながら混同するなどの工夫を行えば、 T_m よりも低い温度での平衡状態に落ち着かせることが可能である。しかし、全体が断熱壁で囲まれている場合には、その最終温度にも下限がある。それを求めよ。また、その下限の温度になるように持っていく過程はどのようなものか一言で述べよ。
- 問題 [I]-2 の過程で、この 2 つの気体がまったく同一の種類だった場合にはエントロピーの変化はどうなるか。

[II] 温度 T 、体積 V 、 N モル、圧力 p の気体が van der Waals の状態方程式 $p = \frac{NRT}{V - bN} - \frac{aN^2}{V^2}$ をみたし、その定積熱容量は温度、体積によらず一定値 cNR をとるとする。ここで R は気体定数、 a, b, c は定数である。

- 内部エネルギーを U として、 $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T, \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$ を求め、その結果から内部エネルギー U を T, V の関数としてあらわせ。ただし、関係式 $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = -p + T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ を用いてよい。
- 等温準静過程で体積が微小な δV だけ変化したときにはいる熱 δQ を求めよ。その結果から、エントロピー S に関して、 $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$ を求めよ。

3. $\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V$ を求め、この結果と上の結果を用いてエントロピー S を T, V の関数としてあらわせ。
4. 温度 T_0 、体積 V_0 の状態から断熱準静過程で温度 T 、体積 V の状態へうつれたとする。このときに T と V の満たすべき関係式を求めよ。
5. 問題 [II]-1 で用いた関係式は、この気体に限らず一般に成立するものである。(ヘルムホルツの)自由エネルギー $F = U - TS$ に対して $\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T$ を考えることでその式を導け。

[III] 以下の問いに答えよ。

1. 熱力学第2法則が敗れたら、どのようなことが可能になるか、またその場合にもそもそも熱力学的記述が可能かどうか考察せよ (5-10行)
2. 「地球は孤立した系であるので地球全体のエントロピーは増大していく」といわれたとする。この言明が熱力学的に妥当か、問題点を(最低)2つあげて議論せよ (5-6行)