

熱力学/担当 佐々

2001/09/03 (月) 10:50-12:20 実施 教科書・ノート持ち込み不可

I. A君がゴムを急激に伸ばして唇にあてると火傷をしてしまった。この現象を熱力学的に考えたい。ゴムは1次元弾性体だとし、温度 T とつりあい位置からの変位 x の組 (T, x) で熱力学状態が指定できるものとする。また、実験は温度 T_0 の室内で行っているものとする。

- (1) A君がゴムをゆっくり伸ばしたら、ゴムの温度変化はなかったはずである。その理由を述べよ。
- (2) 温度 T_0 のゴムを「断熱箱」に入れて、つりあい位置から x だけゆっくり伸ばす。このときのゴムの温度を $T(x)$ とかくと、 $T(x) > T_0$ が成り立つ。これを踏まえて、A君の経験を説明せよ。
- (3) 温度 T_0 のゴムを「断熱箱」に入れて、つりあい位置から x だけゆっくり伸ばす。ゴムには復元力がはたらくので、ゴムを伸ばすには、ゴムに正の仕事 W をしないとイケない。この過程の最初の内部エネルギーを $U(T_0, 0)$ 、最後の内部エネルギー $U(T(x), x)$ と書く。これらの大小関係を述べよ。
- (4) 温度 T_0 のゴムを「断熱箱」に入れて、つりあい位置から x だけゆっくり伸ばしたのちに、断熱箱を除去すると、ゴムはまわりの空気とエネルギー交換をする。このとき空気に与えたエネルギーを Q とすると、 Q が前問の W と等しかった。 $U(T_0, 0)$ と $U(T_0, x)$ の関係を述べよ。(必要なら、 W, Q を使ってもよい。)
- (5) 温度 T_0 のゴムを空気にさらしたまま、つりあい位置から x だけゆっくり伸ばすときに、ゴムにする仕事を W' とする。この過程の最初と最後の状態の自由エネルギーを $F(T_0, 0)$ と $F(T_0, x)$ とかく。 $F(T_0, 0)$ と $F(T_0, x)$ の関係を述べよ。(必要なら、 W', W, Q を使ってもよい。)
- (6) 状態 (T_0, x) のエントロピーを $S(T_0, x)$ とかく。 $S(T_0, x), F(T_0, x), U(T_0, x)$ の関係を述べよ。
- (7) ばねの復元力が変位に比例するとし、比例係数(ばね定数)を $k(T)$ とかく。以上の問いを踏まえて、ばね定数の温度依存性(= $k(T)$ の関数形)を求めよ。

II. 断熱箱の真中に仕切りを入れ、右側を真空にしたまま、左側に温度 T_0 の理想気体をいれる。仕切りをはずすと、気体は箱全体にひろがっていく。(断熱自由膨張とよぶ。)仕切り板の挿入と除去、および、ピストンによる仕切り板の移動だけを使って、もとの状態にもどすことができない。これは熱力学における不可逆性の典型的な例である。以下の問いに答えよ。

- (1) 理想気体が箱全体に広がったときの温度を記せ。
- (2) 広がった状態で箱の右端に仕切り板を挿入し、仕切り板を真中まで戻す。このとき、仕切り板の右側が真空になり、左側に理想気体が封入されている状態になる。しかし、このようにしても、もとの状態に戻したことになっていない。何故か?
- (3) 熱力学によれば、断熱自由膨張の不可逆性が理想気体の熱力学的性質からわかる。何を計算して、何を示せばよいのか。

III. 熱力学について知っていることを何でも書いてよい。(書かなくてもよい。)