

# 熱力学/試験/担当 佐々

1998/09/03 15:00- 実施 教科書・ノート持ち込み不可

## I. 次の文章を読んで以下の問いに答えよ。

熱力学に登場した新しい言葉の代表は、絶対温度、自由エネルギー、エントロピーだろう。絶対温度というと、摂氏温度から 273 度と少しひいた温度、という「公式」がひとり歩きしているが、その本質は(1)。これは、熱機関の最大効率に関するカルノーの定理にもとづいて議論される。エネルギーには、断熱環境下での仕事からきまる(内部)エネルギーと熱浴(等温)環境下での最大仕事から決まる自由エネルギーが区別される。(2) (内部)エネルギーと自由エネルギーに差がある、ということと、不可逆過程が存在する、ということは密接に関係している。そして、不可逆過程の存在に由来して、熱力学状態空間に、(3)関係が持ち込まれ、その関係を表現する関数というのがエントロピーの本質である。さらに、この関数に、(4)という熱力学にとって大事な性質の要請を与えることにより、エントロピー関数をほぼ一意に決めることができる。このようにして、別々に導入された、絶対温度  $T$ 、エントロピー  $S$ 、自由エネルギー  $F$  は、(内部)エネルギー  $E$  を使って、(5)という関係式で結ばれる。この関係式、最大仕事の原理、および、いくつかの仮定から、断熱過程でのエントロピー原理(6)を導くことができる。

- (1) 空白 (1) に関連して、絶対温度の本質を述べよ。また、絶対温度が摂氏温度から 273 度と少しひいた温度と同一視されている理由を簡単に説明せよ。
- (2) 空白 (2) に関連して、断熱環境での仕事と(内部)エネルギーの関係、および、熱浴(等温)環境での、仕事と自由エネルギーの関係をそれぞれ説明せよ。
- (3) 空白 (3) に適当な言葉を埋めよ。
- (4) 空白 (4) に適当な言葉を埋めよ。
- (5) 空白 (5) に入る公式を記せ。
- (6) 空白 (6) に関連して、エントロピー原理の主張することを記せ。

## II. ひっぱったら伸びて、離すと釣り合いの位置にもどる性質を弾性という。弾性をもつある物体に一次元的な伸び変位 $l$ を与えて、その張力(復元力) $\sigma$ を測定した。( $\sigma > 0$ とする。) 実験は温度 $T$ を一定に保って行われた。さまざまな $T$ に対して、 $\sigma$ と $l$ の関係を測定することにより、

$$\sigma = c(l)T \quad (1)$$

という関係を得たとしよう。 $c(l)$  は  $l$  のある関数である。以下の問いに答えよ。

- (1) この弾性体の自由エネルギーを  $F(T, l)$  とする時、張力  $\sigma$  を  $F$  によってあらわせ。
- (2) この弾性体のエントロピーを  $S(T, l)$  とする時、

$$\left(\frac{\partial \sigma}{\partial T}\right)_l = -\left(\frac{\partial S}{\partial l}\right)_T \quad (2)$$

を示せ。

- (3) この弾性体の(内部)エネルギーを  $E(T, l)$  とする時、

$$\left(\frac{\partial E}{\partial l}\right)_T = 0 \quad (3)$$

を示せ。(注：(2) 式を使ってよい。)

- (4) この弾性体のエントロピーを  $S(T, l)$  とする時、

$$\left(\frac{\partial S}{\partial l}\right)_T < 0 \quad (4)$$

を示せ。(注：(3) 式を使ってよい。)

- (5) 張力を一定に保って温度を上昇させると縮むことを示せ。
- (6) 断熱条件で変位  $l$  を大きくすると温度が上昇することを示せ。