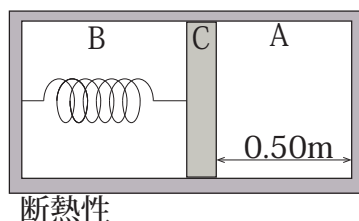


【No. 18】 図のように、密閉された円筒形の容器の内部がピストンCによって、A室とB室に仕切られており、容器は側面が水平になるように置かれている。A室には1.0molの単原子分子理想気体が封じられており、B室は真空である。また、ピストンはばね定数が $9.3 \times 10^3 \text{ N/m}$ の軽いばねで容器の左端に結ばれている。最初、ピストンの右端までの距離が0.50mの状態釣り合っていた。この状態から、 $1.0 \times 10^3 \text{ J}$ の熱量を気体与えたところ、ピストンがゆっくり移動し再度釣り合いの状態になった。このとき、気体の温度はおおよそいくらか。

ただし、ピストンCがA室の右の端に接触している状態で、ばねの長さは自然長である。また、容器及びピストンは断熱性であり、熱容量を無視でき、ピストンの摩擦は無視できるものとする。また、気体定数 R は $8.3 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ であり、温度 T の単原子分子理想気体1mol当たりの内部エネルギーは $\frac{3}{2}RT$ である。



1. 320K 2. 340K 3. 360K 4. 380K 5. 400K

非常に複雑で方針を定めにくい問題です。バネの関係する問題では、気体が外部に行う仕事は、外に膨張するときの仕事に加え、ばねに蓄えられるエネルギーの和になりますが、今回はBが真空ですから、ばねに蓄えられる分しかありません。すると、そこから仕事 W が計算できるため、与えられた熱量 Q と合わせれば、熱力学第一法則から内部エネルギー変化 ΔU が求められることに気づくことがポイントです。

解答

ばね定数を k 、ばねの縮み量＝Aの部分の長さを x 、ピストンの断面積を S 、圧力を P 、Aの体積を V とすると、

$$P = \frac{kx}{S}, V = Sx$$

したがって、

$$PV = kx^2 = RT$$

これより、最初の温度は、

$$T = \frac{kx^2}{R} = \frac{9.3 \times 10^3 \times 0.5^2}{8.31} = 280 \text{ K}$$

次に、気体が外部に行った仕事 W は、そのままばねに蓄えられたエネルギーになる。したがって、熱を与えた後のばねの長さを y 、熱を与えたときの温度変化を ΔT とおくと、

$$W = \frac{k}{2} (y^2 - 0.5^2) = \frac{1}{2} R \Delta U$$

さらに、与えられた内部エネルギーの式と、上に求めた式より、気体のもつ内部エネルギー変化 ΔU は、

$$\Delta U = \frac{3}{2}R\Delta T$$

したがって、熱力学第2法則より、与えた熱量を Q とすると、

$$\Delta U = Q - W$$

$$\therefore \frac{2}{3}R\Delta T = Q - \frac{1}{2}R\Delta T$$

これより、

$$\Delta T = \frac{Q}{2R} = \frac{1.0 \times 10^3}{2 \times 8.3} = 60\text{K}$$

求める温度は、 $280 + 60 = 340\text{K}$