

物 理 301 その3

第3問 図1のように、断面積  $S$  の断熱容器に断熱性のなめらかなピストンをはめ、自然長  $l_0$  のばねを取り付ける。ピストンの左側は単原子理想気体 A が封入されて気密に保たれ、ヒーターで気体 A を加熱することができる。右側は大気 B と接しており、大気圧は  $p_0$  である。最初、気体 A の圧力は大気圧と等しく、ばねの長さは  $2l_0$  でピストンはストッパーに接して止まっていた。ばね、ヒーター、ストッパーの体積と熱容量は無視できる。気体定数を  $R$ 、ばね定数は温度によらず一定として、次の問いに答えよ。

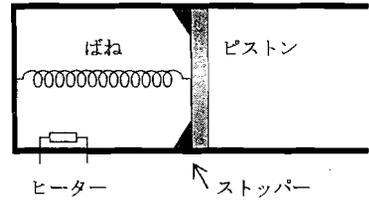


図1

(1) ヒーターのスイッチを入れて気体 A を加熱したところ、気体の圧力が  $2p_0$  になったときピストンが動き始めた。図2は気体の圧力  $p$  と体積  $V$  のグラフで、この過程 I における気体の状態変化を示している。

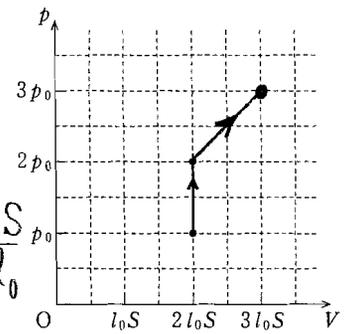
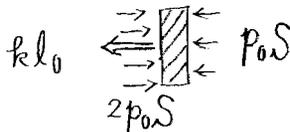


図2

問1 ばね定数を求めよ。



(式と計算)

ピストンが動き始めた瞬間の  
ピストンに働く力のつりあいを考える。

$$2p_0S = p_0S + kl_0 \therefore k = \frac{p_0S}{l_0}$$

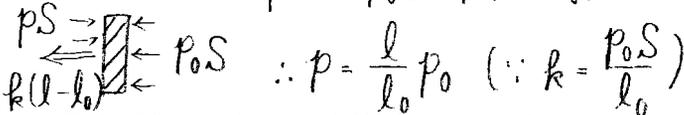
答  $\frac{p_0S}{l_0}$

(2) さらに気体 A を加熱続けるとピストンがゆっくり移動し、ばねの長さが  $3l_0$  となった時に加熱を止めた。この時、気体 A の圧力は  $3p_0$  であった。以下、ピストンが動き始めてから加熱を止めるまでの間の過程 II について考える。

問2 ピストンに働く力のつりあいの式から、気体 A の圧力  $p$  とばねの長さ  $l$  の間に成り立つ関係式を求めよ。また、過程 II における気体 A の圧力  $p$  と体積  $V (= lS)$  の関係を図2に実線で示せ。

(式と計算)

$$pS = p_0S + k(l - l_0)$$



$$\therefore p = \frac{l}{l_0} p_0 \quad (\because k = \frac{p_0S}{l_0})$$

答  $p = \frac{l}{l_0} p_0$

問3 過程 II において気体 A がした仕事を求めよ。

(式と計算)

左図の台形の面積を計算する。



$$W = \frac{1}{2} (3l_0S - 2l_0S) (2p_0 + 3p_0) = \frac{5}{2} p_0S l_0$$

答  $\frac{5}{2} p_0S l_0$

問4 過程 II において気体 A の内部エネルギーはどれだけ増えたか。ただし、単原子理想気体の定積モル比熱は  $\frac{3}{2}R$  である。

(式と計算)

$$\Delta U = \frac{3}{2} R \Delta T \text{ であるから}$$

$$\therefore \Delta U = \frac{3}{2} R \cdot \frac{5p_0S l_0}{R}$$

状態方程式より過程 II に

$$\text{おいては } \Delta T = \frac{5p_0S l_0}{R} \text{ である}$$

$$= \frac{15}{2} p_0S l_0$$

答  $\frac{15}{2} p_0S l_0$

問5 過程 II においてヒーターにより気体 A に加えられた熱量を求めよ。

(式と計算)

熱力学の第1法則

$$\Delta U = Q + W \text{ より}$$

$$Q = \Delta U - W$$

$$= \frac{15}{2} p_0S l_0 - \frac{5}{2} p_0S l_0 = 5 p_0S l_0$$

答  $5 p_0S l_0$

小計 点