

(1)

体積 $V_0$ は底面積 $S$ と高さ $l_0$ の積に等しいので、

$$V_0 = Sl_0 \text{ [m}^3\text{]}$$

(2)

$PV = nRT$  より、 (気体の状態方程式)

$$\begin{aligned} T &= \frac{p_0 V_0}{nR} \\ &= \frac{p_0 S l_0}{nR} \end{aligned}$$

(3)

圧力の変化 $\Delta p$ は、ばねを伸ばすのに必要な力 $F$ とシリンダーの断面積 $S$ の商なので、

$$\Delta p = \frac{(l-l_0)k}{S}$$

よって、ばねの長さが $l$ になったときの、気体の圧力 $p_1$ は、

$$\begin{aligned} p_1 &= p_0 + \Delta p \\ &= p_0 + \frac{(l-l_0)k}{S} \end{aligned}$$

(4)

気体は『ピストンを押しのける仕事 $W'$ 』と『ばねの位置エネルギーを増加させる仕事 $U$ 』をしたので、

$$W' = P\Delta V \quad (\text{気体の仕事の式})$$

$$= p_0 S(l - l_0)$$

$$U = \frac{1}{2} kx^2 \quad (\text{ばねの位置エネルギーの式})$$

$$= \frac{1}{2} k(l - l_0)^2$$

よって、気体がなした仕事 $W$ は、

$$\begin{aligned} W &= W' + U \\ &= p_0 S(l - l_0) + \frac{1}{2} k(l - l_0)^2 \end{aligned}$$