

1.

図1(a)のように、熱をよく伝える材料でできたシリンダーの端に断面積 S のなめらかに動くピストンがあり、ばね定数 k のばねが自然の長さで接続されている。ピストンの右側は常に真空になっている。次に栓を開いて、シリンダー内部に物質量 n の単原子分子理想気体を入れて再び密閉したところ、図1(b)のように、気体の圧力が p_0 、体積が V_0 、温度(絶対温度)が外の温度と同じ T_0 になった。ただし、気体定数を R とする。

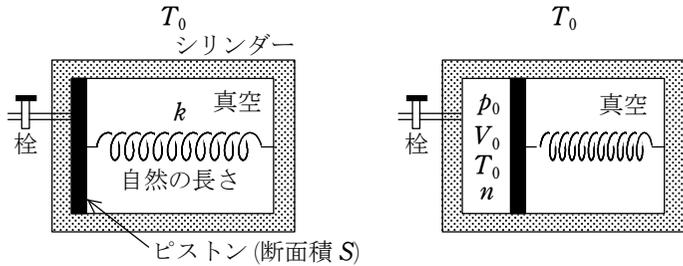


図1(a)

図1(b)

(1) 図1(b)の状態、ばね定数 k とばねに蓄えられたエネルギーを表す式の組合せとして正しいものを、次の ①～⑨ のうちから1つ選べ。

	k	ばねのエネルギー
①	$\frac{p_0 V_0}{S}$	$\frac{1}{2} n R T_0$
②	$\frac{p_0 V_0}{S}$	$n R T_0$
③	$\frac{p_0 V_0}{S}$	$\frac{3}{2} n R T_0$
④	$\frac{p_0 S^2}{V_0}$	$\frac{1}{2} n R T_0$
⑤	$\frac{p_0 S^2}{V_0}$	$n R T_0$
⑥	$\frac{p_0 S^2}{V_0}$	$\frac{3}{2} n R T_0$
⑦	$\frac{p_0 S^2}{2V_0}$	$\frac{1}{2} n R T_0$
⑧	$\frac{p_0 S^2}{2V_0}$	$n R T_0$
⑨	$\frac{p_0 S^2}{2V_0}$	$\frac{3}{2} n R T_0$

(2) 次に、図2のように、外の温度を T まで上昇させると、気体の圧力は p 、体積は V 、温度は T になった。このとき、気体の内部エネルギーの増加分 ΔU を表す式として正しいものを、下の ①～③ のうちから1つ選べ。 $\Delta U =$

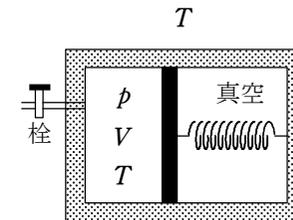
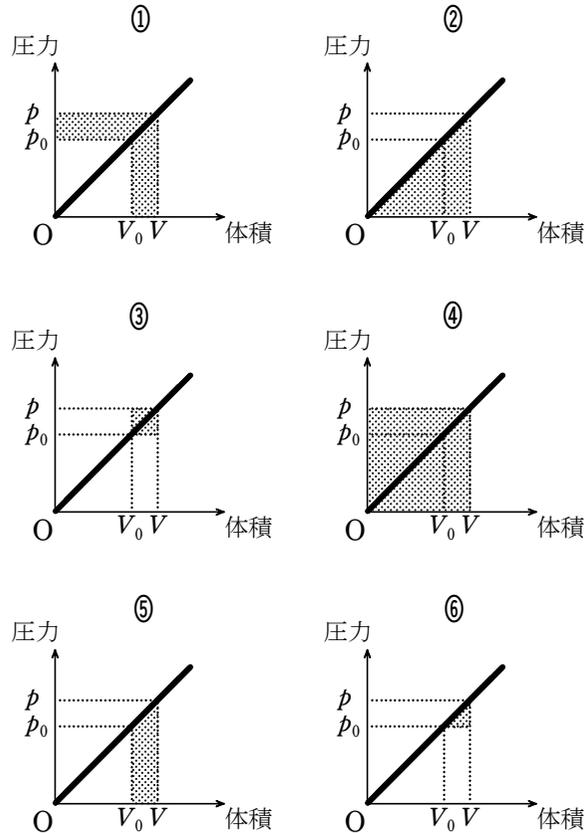


図2

- ① $\frac{1}{2} n R T$ ② $n R T$ ③ $\frac{3}{2} n R T$

- ④ $\frac{1}{2}nRT_0$ ⑤ nRT_0 ⑥ $\frac{3}{2}nRT_0$
 ⑦ $\frac{1}{2}nR(T-T_0)$ ⑧ $nR(T-T_0)$ ⑨ $\frac{3}{2}nR(T-T_0)$

(3) (1)・(2)において、気体の圧力と体積がそれぞれ p_0, V_0 から p, V に変化したときに、気体がした仕事を考える。その仕事の大きさは、気体の圧力と体積の関係を表すグラフにおける面積で表される。この面積を灰色部分で示したものとして最も適当なものを、次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。 3



解答 (1) ④ (2) ⑨ (3) ⑤

解説

(1) 図 1 (b) の状態で、ばねの自然の長さからの縮みを x とすると、 $Sx = V_0$ より $x = \frac{V_0}{S}$

である。したがって、ピストンにはたらく力のつりあいの式は

$$p_0 S - k \times \frac{V_0}{S} = 0$$

となる。これより

$$k = \frac{p_0 S^2}{V_0}$$

であり、ばねの弾性エネルギーは

$$\frac{1}{2} k \left(\frac{V_0}{S} \right)^2 = \frac{1}{2} p_0 V_0 = \frac{1}{2} nRT_0$$

となる (理想気体の状態方程式「 $pV = nRT$ 」を用いた)。

以上より、正しいものは ④。

(2) 単原子分子理想気体であるから、「 $\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$ 」より

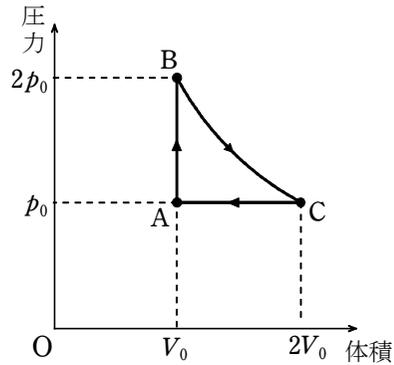
$$\Delta U = \frac{3}{2} nR(T - T_0)$$

したがって、正しいものは ⑨。

(3) p - V 図において、気体がした仕事はグラフと横軸で囲まれた面積で表される。気体の圧力と体積がそれぞれ p_0, V_0 から p, V に変化するので、最も適当なものは ⑤。

2.

物質質量 n の単原子分子の理想気体の状態を、図のように変化させる。過程 $A \rightarrow B$ は定積変化、過程 $B \rightarrow C$ は等温変化、過程 $C \rightarrow A$ は定圧変化である。
状態 A の温度を T_0 、気体定数を R とする。



(1) 状態 A における気体の内部エネルギーは nRT_0 の何倍か。正しいものを、次の ①

～⑧ のうちから 1 つ選べ。 倍

- ① $\frac{1}{2}$ ② 1 ③ $\frac{3}{2}$ ④ 2
⑤ $\frac{5}{2}$ ⑥ 3 ⑦ $\frac{7}{2}$ ⑧ 4

(2) 状態 B の温度は T_0 の何倍か。正しいものを、次の ①～⑧ のうちから 1 つ選べ。

倍

- ① $\frac{1}{2}$ ② 1 ③ $\frac{3}{2}$ ④ 2
⑤ $\frac{5}{2}$ ⑥ 3 ⑦ $\frac{7}{2}$ ⑧ 4

(3) 過程 $C \rightarrow A$ において気体が放出する熱量は nRT_0 の何倍か。正しいものを、次の

①～⑨ のうちから 1 つ選べ。 倍

- ① 0 ② $\frac{1}{2}$ ③ 1
④ $\frac{3}{2}$ ⑤ 2 ⑥ $\frac{5}{2}$
⑦ 3 ⑧ $\frac{7}{2}$ ⑨ 4

解答 (1) ③ (2) ④ (3) ⑥

解説

(1) 単原子分子理想気体なので、内部エネルギーは $\frac{3}{2}nRT_0$

よって、正しいものは ③。

(2) 過程 $A \rightarrow B$ は定積変化であり、圧力と温度は比例関係にある。圧力が 2 倍になっているので温度も 2 倍である。

よって、正しいものは ④。

(3) (2) より、状態 B の温度は $2T_0$ であり、状態 C はこれと温度が等しいので $2T_0$

よって、過程 $C \rightarrow A$ は定圧過程であり、温度が $2T_0$ から T_0 へと変化する。単原子分子理想気体の定圧モル比熱は $\frac{5}{2}R$ であるから気体が放出する熱量は

$$-n \cdot \frac{5}{2}R \cdot (T_0 - 2T_0) = \frac{5}{2}nRT_0$$

$$-n \cdot \frac{5}{2}R \cdot (T_0 - 2T_0) = \frac{5}{2}nRT_0$$

以上より、正しいものは ⑥。