

# 〔熱力学第 1 法則〕

## 【 1 】 2013 年度 本試験 物理 I 第 4 問 C

図 3 のように、容器とシリンダーが接続されている。接続部分にあるコックを閉じることによって、容器とシリンダーを仕切ることができる。シリンダーにはピストンがついており、ピストンはシリンダーの奥からストッパーの位置までシリンダー内をなめらかに動くことができる。容器、シリンダー、ピストン、コックは熱を通さず、容器とシリンダーの接続部分の体積は無視できるものとする。

はじめ、容器の内部に気体(理想気体)が封入されてコックは閉じられており、ピストンはシリンダーの奥まで押し込まれている。このとき、気体の温度は  $T_0$  であった。

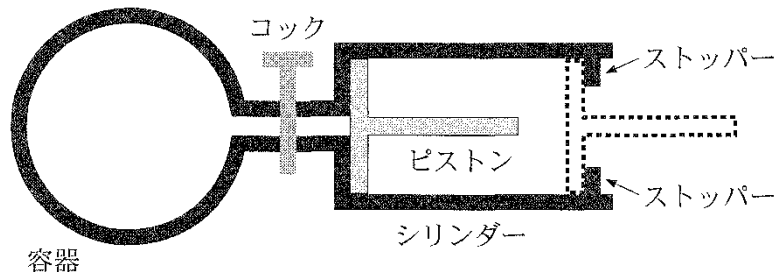


図 3

問 7 まずコックを開き、ピストンを右にゆっくり動かしながら、ストッパーの位置まで移動させた。このとき、気体の温度は  $T_1$  であった。この過程で気体がした仕事を  $W_1$  とする。

次に、ピストンをゆっくり左に動かし、シリンダーの奥まで押し込んだ。このとき、気体の温度は  $T_0$  であった。この過程で気体がした仕事を  $W_2$  とする。

温度  $T_0$ 、 $T_1$  の大小関係と、 $W_1$ 、 $W_2$  の関係を表す式の組合せとして正しいものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

	$T_0$ 、 $T_1$ の大小関係	$W_1$ 、 $W_2$ の関係
①	$T_0 < T_1$	$W_1 + W_2 > 0$
②	$T_0 < T_1$	$W_1 + W_2 = 0$
③	$T_0 < T_1$	$W_1 + W_2 < 0$
④	$T_0 = T_1$	$W_1 + W_2 > 0$
⑤	$T_0 = T_1$	$W_1 + W_2 = 0$
⑥	$T_0 = T_1$	$W_1 + W_2 < 0$
⑦	$T_0 > T_1$	$W_1 + W_2 > 0$
⑧	$T_0 > T_1$	$W_1 + W_2 = 0$
⑨	$T_0 > T_1$	$W_1 + W_2 < 0$

問8 ピストンが押し込まれているはじめの状態から、コックを閉じたままピストンをストッパーの位置まで動かして固定する。

その状態で、コックを開き、気体をシリンダー内に充満させた。このとき、気体の温度は $T_3$ であった。この過程では、気体は真空のシリンダー内に広がるだけであり、ピストンに対して仕事をしない。

その後、シリンダーの奥までピストンをゆっくり動かし、気体を容器に戻した。このとき、気体の温度は $T_4$ であった。

温度 $T_0$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ の大小関係を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① $T_0 = T_3 < T_4$ | ② $T_3 < T_4 < T_0$ | ③ $T_3 < T_0 = T_4$ |
| ④ $T_0 = T_4 < T_3$ | ⑤ $T_4 < T_0 < T_3$ | ⑥ $T_4 < T_0 = T_3$ |

## 【2】2009年度 本試験 物理I 第4問 C

ある気体(理想気体)が、ピストンでシリンダー内に閉じ込められている。図3は、この気体の圧力と体積の変化を表す図である。初め状態Aにあった気体を、状態B、状態C、状態Dの順に変化させた後、再び状態Aにもどした。ただし、過程A→Bは断熱変化、過程B→Cは定圧(等圧)変化、過程C→Dは定積(等積)変化、過程D→Aは等温変化である。

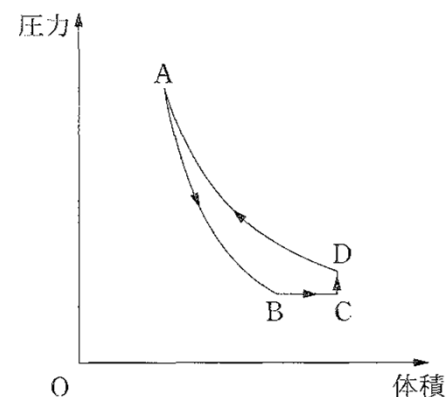


図 3

問6 状態A、B、Cの温度をそれぞれ $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$ としたとき、それらの関係を表す不等式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① $T_A < T_B < T_C$ | ② $T_A < T_C < T_B$ | ③ $T_B < T_A < T_C$ |
| ④ $T_B < T_C < T_A$ | ⑤ $T_C < T_A < T_B$ | ⑥ $T_C < T_B < T_A$ |

問7 三つの過程  $B \rightarrow C$ ,  $C \rightarrow D$ ,  $D \rightarrow A$  において, 気体がピストンにした仕事を  $W_{B \rightarrow C}$ ,  $W_{C \rightarrow D}$ ,  $W_{D \rightarrow A}$  とする。それぞれ, 正であるか, 負であるか, 0 であるかについて, 正しい組合せを, 次の①~⑥のうちから一つ選べ。

	$W_{B \rightarrow C}$	$W_{C \rightarrow D}$	$W_{D \rightarrow A}$
①	正	負	0
②	正	0	負
③	負	正	0
④	負	0	正
⑤	0	正	負
⑥	0	負	正

### 【3】2003年度 本試験 物理 IB 第3問

次の文章を読み, 以下の問い(問1~4)に答えよ。

図1のように, なめらかに動くピストンを備えた断面積  $S$  のシリンダーが, 圧力  $p_0$ , 温度  $T_0$  の大気中に置かれている。ピストンとシリンダーは, 断熱材で作られている。シリンダーの底面は, 熱を通す板でできている。さらに, その外側は断熱材で作られたキャップでおおわれている。シリンダー内に閉じこめられた気体は, 最初, 圧力  $p_0$ , 体積  $V_0$ , 温度  $T_0$  の状態 A であった。

キャップ

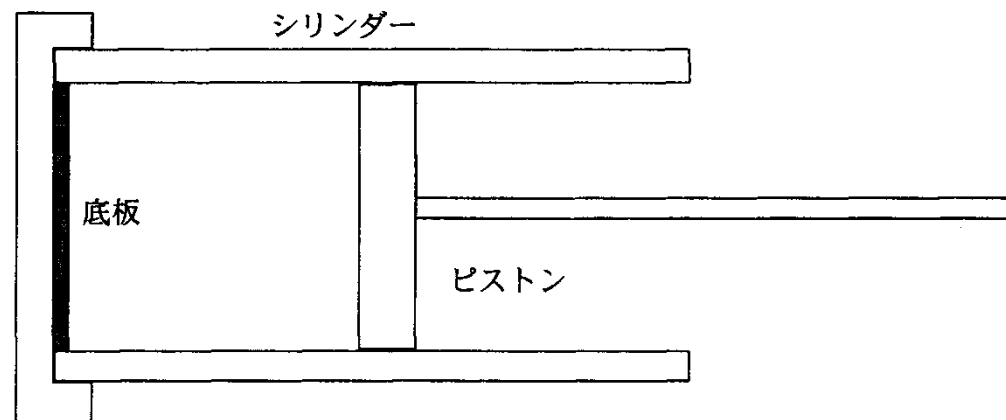


図 1

問1 ピストンを動かしてシリンダー内の気体を断熱圧縮し、圧力  $p_1$ 、体積  $V_1$ 、温度  $T_1$  の状態 **B** に変化させた。この状態 **B** を保つためにピストンに加えなければならない力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ①  $p_1$                       ②  $p_1 S$                       ③  $\frac{p_1}{S}$   
④  $p_1 - p_0$                       ⑤  $(p_1 - p_0)S$                       ⑥  $\frac{p_1 - p_0}{S}$

問2  $T_0$  と  $T_1$  の大小関係として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ①  $T_1 > T_0$     ②  $T_1 = T_0$   
③  $T_1 < T_0$   
④ シリンダー内の気体の種類による。

問3 状態 **B** でピストンの位置を固定したままキャップをはずし、十分な長い時間放置すると、シリンダー内の気体は温度  $T_0$  の状態 **C** になった。このときのシリンダー内の気体の圧力はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ①  $p_0$                       ②  $\frac{V_1}{V_0} p_0$                       ③  $\frac{V_0}{V_1} p_0$   
④  $p_1$                       ⑤  $\frac{V_1}{V_0} p_1$                       ⑥  $\frac{V_0}{V_1} p_1$

問4 シリンダー内の気体の内部エネルギーが減少する過程はどれか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 状態 **A** から状態 **B** への過程  
② 状態 **B** から状態 **C** への過程  
③ 状態 **A** から状態 **B** への過程、および状態 **B** から状態 **C** への過程の両方  
④ そのような過程はない。

【4】2001年度 追試験 物理IB 第3問

次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えよ。

図1のように、熱伝導が無視できるシリンダーとピストンがある。ピストンはなめらかに動くが、シリンダー内部には小さな突起があり、ピストンはそれより下には動けない。シリンダーにはヒーターが取り付けられており、内部の気体を熱することができる。はじめにコックを開いてシリンダー内部を大気で満たし、コックを閉じた。このとき、閉じ込められた気体の体積は $V_1$ であり、その絶対温度は $T_0$ であった。ピストンの断面積を $S$ 、ピストンの質量を $M$ 、重力加速度の大きさを $g$ 、大気圧を $p_0$ とする。

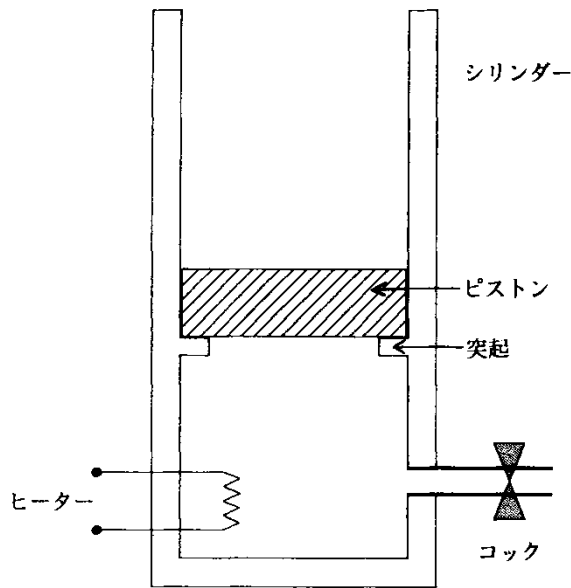
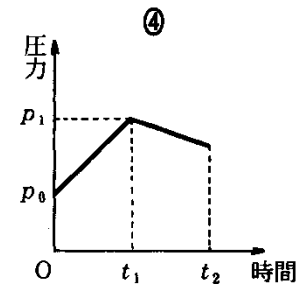
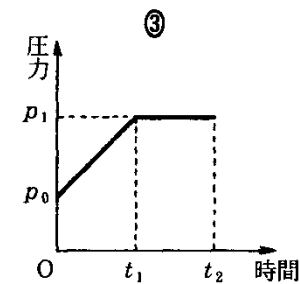
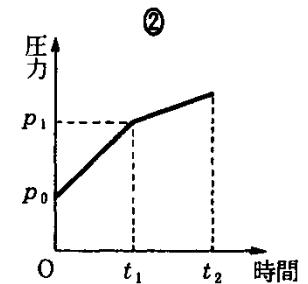
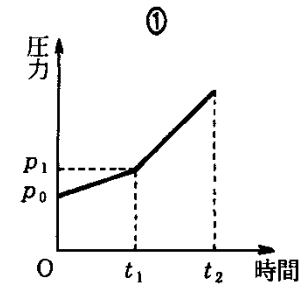


図 1

問1 ヒーターの消費電力を一定にしてゆっくりと加熱していくと、時刻 $t_1$ にピストンが動き始めた。この瞬間の気体の圧力を $p_1$ 、絶対温度を $T_1$ とする。 $T_1$ は $T_0$ の何倍か。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1 倍

- ①  $\frac{p_0 S}{p_0 S + Mg}$       ②  $\frac{p_0 S}{p_0 S - Mg}$   
 ③  $\frac{p_0 S + Mg}{p_0 S}$       ④  $\frac{p_0 S - Mg}{p_0 S}$

問2 そのまま時刻 $t_2$ まで加熱を続けたところ、気体の体積は $V_2$ まで増加した。これまでの過程について、気体の圧力の時間変化を表すグラフとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。



問3 時刻  $t_2$  における気体の絶対温度は  $T_1$  の何倍か。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。  倍

- |                             |                             |                     |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| ① $\frac{p_1 V_1}{p_0 V_2}$ | ② $\frac{p_0 V_1}{p_1 V_2}$ | ③ $\frac{V_1}{V_2}$ |
| ④ $\frac{p_1 V_2}{p_0 V_1}$ | ⑤ $\frac{p_0 V_2}{p_1 V_1}$ | ⑥ $\frac{V_2}{V_1}$ |

問4 時刻  $t_2$  でヒーターによる加熱を止め、次にピストンにおもりをのせて気体の体積を  $V_1$  に戻した。この過程で起こる断熱変化の記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 圧力も温度も下降する。
- ② 圧力は上昇するが、温度は下降する。
- ③ 圧力は下降するが、温度は上昇する。
- ④ 圧力も温度も上昇する。

### 【5】1994年度 追試験 物理 第3問

密封された  $n$ [mol] の理想気体について、その状態の変化を考えよう。気体定数(ガス定数)を  $R$ 、定圧モル比熱を  $C_p$ 、定積モル比熱を  $C_v$  として、次の問い(問1～6)の答えを、それぞれの解答群のうちから一つずつ選べ。

A 気体に図2のような循環過程  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$  を行わせる。状態  $a$  の圧力、体積、温度(絶対温度)は、それぞれ  $p_0$ 、 $V_0$ 、 $T_0$  である。状態  $a$  から温度を一定に保って膨張させ、体積が2倍になった状態を  $b$  とする。状態  $b$  から体積を一定に保って温度を変え、圧力が  $p_0$  になった状態を  $c$  とする。状態  $c$  から温度を一定に保って体積を  $V_0$  まで圧縮した状態を  $d$  とする。さらに、体積を一定に保ったままで温度を変えて最初の状態  $a$  にもどす。

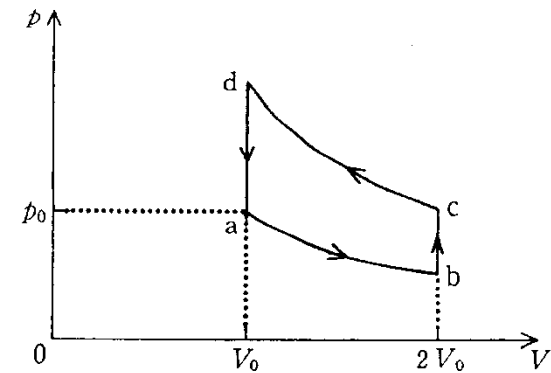


図 2

問1 状態 **b** の気体の圧力はいくらか。

- ①  $\frac{1}{4}p_0$                       ②  $\frac{1}{3}p_0$                       ③  $\frac{1}{2}p_0$   
④  $\frac{2}{3}p_0$                       ⑤  $p_0$                               ⑥  $\frac{3}{2}p_0$

問2 状態 **c** の気体の温度はいくらか。

- ①  $\frac{1}{2}T_0$                       ②  $T_0$                               ③  $\frac{3}{2}T_0$   
④  $2T_0$                       ⑤  $\frac{5}{2}T_0$                       ⑥  $3T_0$

問3  $a \rightarrow b$  の過程で、気体が外界からされる仕事と外界から吸収する熱量の和はいくらか。

問4 状態 **d**, **a** の気体の内部エネルギーをそれぞれ  $U_d$ ,  $U_a$  とするとき、 $d \rightarrow a$  の過程での内部エネルギーの変化、 $U_a - U_d$  はいくらか。

問5 圧力を一定に保って、状態 **c** から状態 **a** にもどる過程を考える。  
この  $c \rightarrow a$  の過程で気体が外界からされる仕事  $W$  と、外界から吸収する熱量  $Q$  はそれぞれいくらか。

$$W = \boxed{22}, \quad Q = \boxed{23}$$

$\boxed{22} \sim \boxed{23}$  の解答群

- ①  $nRT_0$                       ②  $-nRT_0$                       ③  $2nRT_0$   
④  $-2nRT_0$                       ⑤  $nC_pT_0$                       ⑥  $-nC_pT_0$   
⑦  $2nC_pT_0$                       ⑧  $-2nC_pT_0$                       ⑨  $nC_vT_0$   
⑩  $-nC_vT_0$                       ㉑  $2nC_vT_0$                       ㉒  $-2nC_vT_0$   
㉓ 0

B 次に、図2において、状態 **a** から断熱的に体積を  $2V_0$  まで膨張させた状態を **b'** とする。また、状態 **c** から断熱的に  $V_0$  まで圧縮した状態を **d'** とする。

問6 気体に循環過程  $a \rightarrow b' \rightarrow c \rightarrow d' \rightarrow a$  を行わせたときの、気体の圧力  $p$  と体積  $V$  の関係を表すグラフを選べ。ただし、破線は図2の  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$  を表す。

