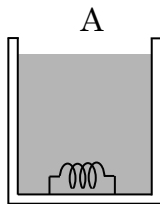


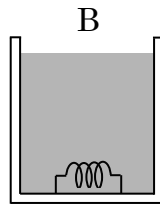
§ A: 公式理解問題

1 < 比熱と熱容量 >

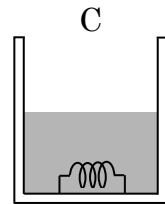
A～F の図は、断熱材でできた容器に入れた液体に、電熱線を用いて一定の割合で熱量を加えている図である。 m は質量、 c は比熱、 C は熱容量、 t は現在の温度を示している。A～F の物体が 100°C に上がるまでの時間を比べ、大きい順に $>$ 、 $=$ を用いて並び替えよ（例： $A=B>C>D=E>F$ ）。ただし、液体から外部へ熱は逃げないものとする。



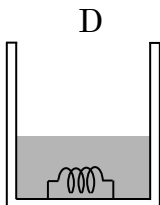
$$\begin{aligned} m &= 200 \text{ g} \\ c &= 4.2 \text{ J/g} \cdot \text{K} \\ t &= 30^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$



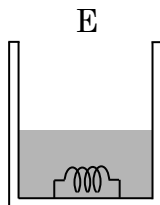
$$\begin{aligned} m &= 200 \text{ g} \\ c &= 4.2 \text{ J/g} \cdot \text{K} \\ t &= 50^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$



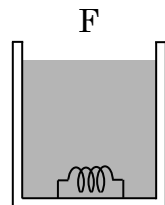
$$\begin{aligned} m &= 100 \text{ g} \\ c &= 4.2 \text{ J/g} \cdot \text{K} \\ t &= 50^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} C &= 65 \text{ J/K} \\ t &= 80^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$



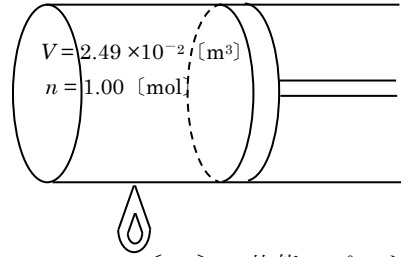
$$\begin{aligned} C &= 65 \text{ J/K} \\ t &= 30^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} m &= 200 \text{ g} \\ c &= 2.5 \text{ J/g} \cdot \text{K} \\ t &= 30^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

2 《状態方程式 熱力学第一法則》

滑らかに動くことができるピストンのついたシリンダー容器が水平に置かれている。容器、およびピストンは断熱材（熱を漏らさない）でできている。容器の外の空気の圧力は常に 1.00×10^5 $[\text{N/m}^2]$ である。いま、容器内に 1.00 $[\text{mol}]$ の単原子分子理想気体を入れたところ、気体の体積が 2.49×10^{-2} $[\text{m}^3]$ の状態でピストンが静止した。このときの気体の状態を状態 I とする。気体定数の値を 8.31 $[\text{J/mol} \cdot \text{K}]$ として、以下の問いに答えよ。



(1) 状態 I における気体の絶対温度は何 $[\text{K}]$ か。

次に、ヒーターで加熱したところ、ピストンが動いて気体は膨張し、体積が 4.98×10^{-2} $[\text{m}^3]$ になったこのときの気体の状態を状態 II とする。

(2) 状態 II における、気体の圧力は何 $[\text{N/m}^2]$ か。

(3) 状態 II における、気体の絶対温度は何 $[\text{K}]$ か。

(4) 状態 I から状態 II への変化において、気体をした仕事は何 $[\text{J}]$ か。

(5) 状態 I から状態 II への変化において、気体の内部エネルギーの増加は何 $[\text{J}]$ か。

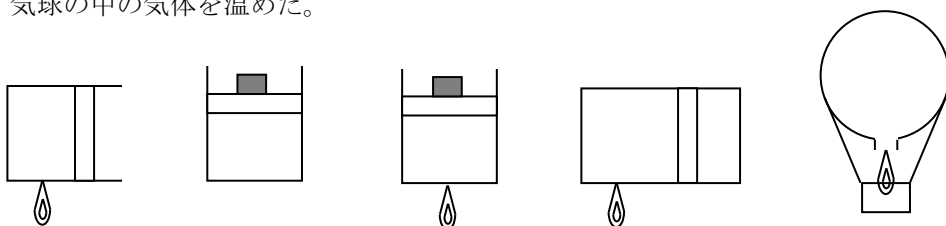
(6) 状態 I から状態 II への変化において、気体に与えられた熱量は何 $[\text{J}]$ か。

§ B: 概念理解問題

1 《等圧変化の見極め》

次の操作をしたときにおこる変化で、定圧変化のものを全て選べ。

- ア. なめらかに動くピストンを備えたシリンダーを水平において気体を閉じ込め、加熱したところ、体積が大きくなった。
- イ. なめらかに動くピストンを備えたシリンダーを鉛直において気体を閉じ込め、ピストンの上におもりを乗せたところ、体積が小さくなった。
- ウ. (イ)のシリンダーを加熱したところ、体積がおおきくなった。
- エ. なめらかに動くピストンで区切られた密閉された容器内で、片方の空間を温めた。
- オ. 気球の中の気体を温めた。



2 《熱力学第一法則》

次の操作を行ったとき、以下の気体に与えられる熱量 Q_{in} 、気体の内部エネルギー ΔU 、気体が行った仕事 W_{out} において、正の値ものは『+』、負の値ものは『-』、変わらないものは『0』と答えよ。

A: 断熱材でできたピストン付シリンダーのピストン上部に、おもりをのせたときのシリンダー内の気体。

B: なめらかに動くピストンで区切られて密閉された容器内で、片方の空間 A に熱を加えたときの、空間 B の気体について。ただし、素材はすべて断熱材でできているとする。



3 《内部エネルギーの式》

単原子分子理想気体を以下のように変化させたとき、内部エネルギーはどのように変化するか。

選択肢から選べ。

A: 温度を一定に保って、体積を 2 倍にした。

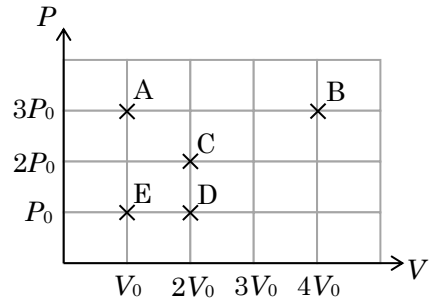
B: 圧力を一定に保って、体積を 2 倍にした。

選択肢

- ア. 2 倍になる イ. 変わらない ウ. $\frac{1}{2}$ 倍になる エ. 情報が足りない

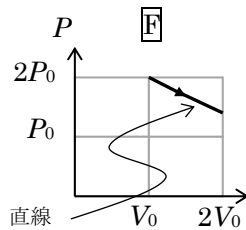
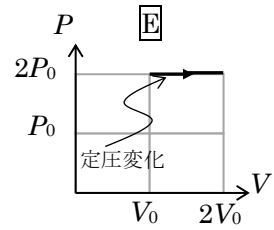
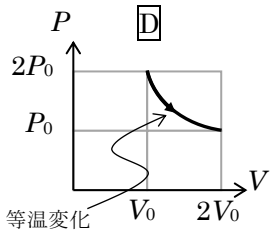
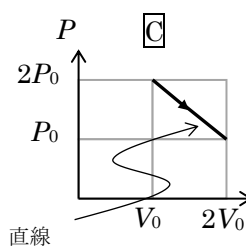
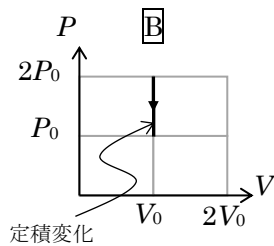
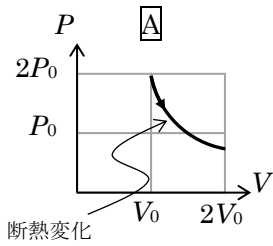
4 《P-V グラフと温度》

右の P-V グラフで示される、A~E の状態の気体を、
温度が高い順に>、=を用いて並べ替えよ。



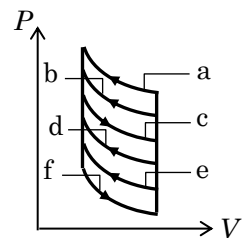
5 《P-V グラフと仕事》

の P-V グラフで示される 6 つの状態変化 A~F を、気体
のした仕事大きい順に>、=を用いて並び替えよ。



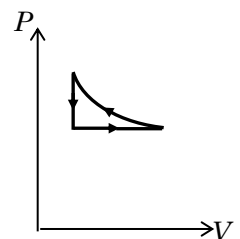
6 《正味の仕事①》

右の P-V グラフで示されている 6 つの状態変化の曲線のう
ち 2 つを選び、最も気体のする仕事が大きくなるような熱サイ
クルを作れ。ただし、グラフの垂直の変化は自由におこせるも
のとする。



7 《正味の仕事②》

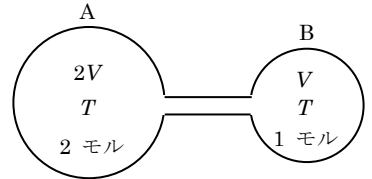
右図の熱サイクルにおいて、1 サイクルでの正味の気体の仕
事量は正か負か、または 0 か。



§ C: 実践問題

1 《気体の混合と状態方程式》

図のように理想気体で満たされた2つの容器A、Bが、体積の無視できる細い管で連結されており、気体は容器Aと容器Bの間を自由に行き来できるようになっている。容器のAの体積は $2V$ 、容器Bの体積は V で、容器内の絶対温度は最初どちらも T に保たれている。この状態で、容器Aには2[mol]、容器Bには1[mol]の理想気体が入っている。気体定数を R とする。



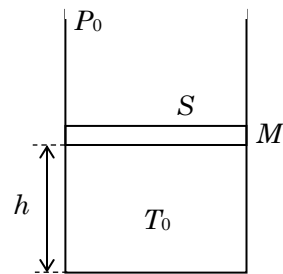
- (1) このとき、容器Aの理想気体の圧力はいくらか。
- (2) このとき、容器Bの理想気体の圧力はいくらか。

次に、容器Bの絶対温度を T に保ったまま、容器Aに熱を加えて絶対温度を $2T$ まで上昇させた。

- (3) このとき、容器Aの理想気体の圧力はいくらか。
- (4) このとき、容器Aの理想気体のモル数はいくらか。

2 《力のつりあいと気体の圧力》

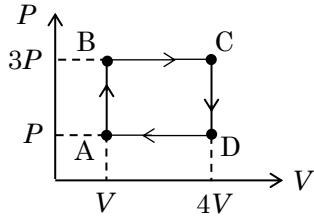
質量 M 、断面積 S のピストンで、ある量の気体を閉じ込めた。このとき気体の温度は T_0 、ピストンの底からの高さは h であった(状態A)。大気圧は P_0 、重力加速度は g とする。



- (1) 初めの気体の圧力はいくらか。
- (2) 次に気体の温度をある温度にしたところ、ピストンの高さは $\frac{3}{2}h$ となった(状態B)。その温度を求めよ。
- (3) さらに、温度は一定に保ち、ピストンの上にある質量のおもりをのせたところ、ピストンの高さは h に戻った(状態C)。このときのおもりの質量をもとめよ。

3 《気体の状態変化と熱サイクル》

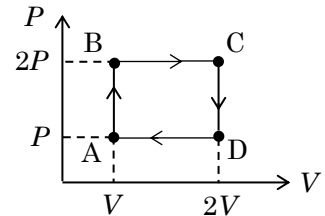
n [mol] の単原子分子理想気体を次のように状態変化させたとき、各過程での熱力学第一法則の式を立て、エネルギー表を完成させよ。(P-Vを用いて埋めよ)
また、熱効率 e を求めよ。



	Q_{in}	$= \Delta U$	$+ W_{out}$	
A→B				
B→C				
C→D				
D→A				
サイクル合計				

4 《単原子分子理想気体という宣言がない場合》

なめらかなピストンを備えたシリンダーに n モルの理想気体を入れ、図のように気体の状態を $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の順に変化させた。この気体の定積モル比熱を C_V 、状態 A における絶対温度を T 、気体定数を R として、次の問いに答えよ。



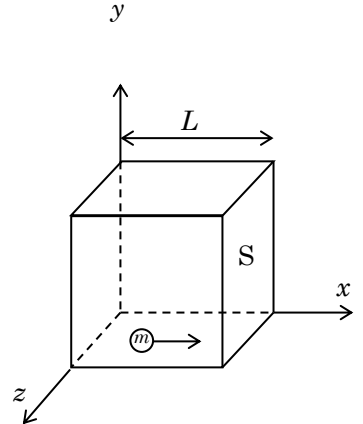
- (1) 状態 B、C、D における気体の絶対温度、 T_B 、 T_C 、 T_D はいくらか。 T を用いて表せ。
- (2) 状態変化 $A \rightarrow B$ 、 $B \rightarrow C$ 、 $C \rightarrow D$ 、 $D \rightarrow A$ において、気体が吸収した熱量 Q_{AB} 、 Q_{BC} 、 Q_{CD} 、 Q_{DA} はいくらか、 C_V を含む式で表せ。
- (3) このサイクルを熱機関とみなし、気体が単原子分子であったとすると、熱効率は何%になるか。整数で答えよ。

§ C: 実践問題 続き

5 《気体の分子運動論》

次の(1)～(9)をうめよ。

一辺の長さが L の立方体容器に、1 分子の質量 m の単原子分子が n モル入っている。いま、図の壁 S に速度の x 成分が v_x の 1 つの分子が完全弾性衝突をしたとすると、壁 S は $I =$ (1) の大きさの力積を受ける。この分子は、1 秒間に壁 S とは合計 (2) 回衝突するから、壁 S がこの 1 つの分子から平均として受ける力 f は、(3) となる。



ここで、全分子にわたる v_x^2 の平均を $\overline{v_x^2}$ とし、アボガドロ数を N とすると、壁 S が受ける全分子から受ける力の総和 F は (4) である。一方、分子は、 x 、 y 、 z 方向にランダムな運動をしているので、分子の速さを 2 乗(v^2)の全分子にわたる平均値を $\overline{v^2}$ とすると、

$\overline{v_x^2} =$ (5) $\times \overline{v^2}$ と書ける。よって、気体の圧力 P は $\overline{v^2}$ と気体の体積 $V = L^3$ を用いて、 $P =$ (6) と書ける。

ここで、状態方程式 $PV = nRT$ より、分子 1 個あたりのもつ平均の運動エネルギー $\frac{1}{2}m\overline{v^2}$ は

(7) と書け、 $\frac{R}{N}$ をボルツマン定数 k とすると、(8) と書ける。よってこの気体全体のもつ運動エネルギーは $U =$ (9) と書ける。この U を内部エネルギーという。

