

第3問

次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問1～6)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕 (配点 25)

- A 図1のように, 密閉容器にシリンダーをつないだ装置を用意し, n モルの理想気体を封入する。シリンダーにはピストンがはめ込まれており, 初めピストンがシリンダーの底面に接した状態で気体の体積は V_0 , 圧力は P_0 , 絶対温度は外気と等しい T_0 であった。この状態からピストンを素早く引いて固定したところ, 気体の温度は T_1 まで下がったが, しばらくそのまま放置するとやがてもとの温度 T_0 に戻った。このときの気体の圧力は P_1 , 引いたシリンダーの体積増加分は v であった。容器とシリンダーを連結している管の体積は無視できるものとし, 気体の定積モル比熱を C_V , 定圧モル比熱を C_p とする。



図 1

- 問1 シリンダーの体積増加分 v 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。 $v =$

① $\frac{P_0 - P_1}{P_1} V_0$ ② $\frac{P_0 - P_1}{P_0} V_0$ ③ $\frac{P_1 - P_0}{P_1} V_0$
 ④ $\frac{P_1 - P_0}{P_0} V_0$ ⑤ $\frac{P_1}{P_0 - P_1} V_0$ ⑥ $\frac{P_0}{P_0 - P_1} V_0$

- 問2 ピストンを引き始めてから固定するまでの間, 気体と外部との間に熱の出入りがないものとする。この間に気体が外部にした仕事 W 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。 $W =$

① $\frac{3}{2} n C_p (T_0 - T_1)$ ② $\frac{3}{2} n C_V (T_0 - T_1)$ ③ $\frac{3}{2} n C_p (T_1 - T_0)$ ④ $\frac{3}{2} n C_V (T_1 - T_0)$
 ⑤ $n C_p (T_0 - T_1)$ ⑥ $n C_V (T_0 - T_1)$ ⑦ $n C_p (T_1 - T_0)$ ⑧ $n C_V (T_1 - T_0)$

- 問3 最初の状態から, 気体の温度を T_0 のままに保ちながら, ピストンをゆっくりとシリンダーの体積が v となるまで引いていった場合に, 気体が外部にする仕事を W' とするとき, 問2で求めた W と W' の大小関係を表す式または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 $W' = W$ ② $W' > W$ ③ $W' < W$
 ④ この条件だけでは W と W' の大小関係は決まらない。

B 図2のように、透明な密閉容器内にピストン付きシリンダーを水平に設置し、シリンダー中に $20.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ の空気を封入した。密閉容器内には小型デジタル温度計(単位 $[\text{°C}]$ で表示)、圧力計(単位 $[\text{Pa}]$ で表示)が入れてあり、密閉容器外部から、これらの数値やシリンダー内の空気の体積を直接計測することができる。密閉容器に細管でつないだ排気ポンプを作動させながら、容器内の温度、圧力、およびシリンダー内の空気の体積を測定し、表1の測定1~8の結果を得た。表1の P $[\times 10^5 \text{ Pa}]$ は密閉容器内の圧力、 $1/P$ $[\times 10^{-5}/\text{Pa}]$ はその逆数、 t $[\text{°C}]$ は密閉容器内の温度、 V_0 $[\times 10^{-6} \text{ m}^3]$ はシリンダー内の空気の体積である。なお、 V $[\times 10^{-6} \text{ m}^3]$ は後述する換算した体積であり、測定2~8での温度 t $[\text{°C}]$ の計測結果は表1に示されていない。

0 °C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、理想気体 1 mol の体積は $22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ であり、 0 °C は絶対温度 273 K である。また、空気は理想気体とみなしてよいものとする。

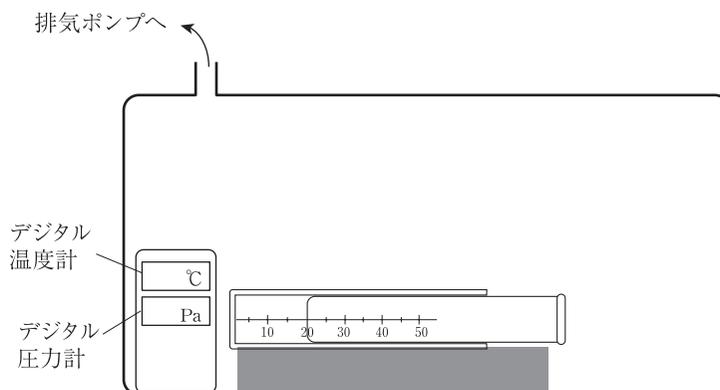


図 2

	圧力 P $[\times 10^5 \text{ Pa}]$	$1/P$ $[\times 10^{-5}/\text{Pa}]$	温度 t $[\text{°C}]$	体積 V_0 $[\times 10^{-6} \text{ m}^3]$	V $[\times 10^{-6} \text{ m}^3]$
測定 1	1.0022	0.9978	21.9	20.0	20.0
測定 2	0.8920	1.121		22.3	22.4
測定 3	0.8406	1.190		23.6	23.8
測定 4	0.7950	1.258		24.9	25.2
測定 5	0.7395	1.352		26.7	27.2
測定 6	0.6665	1.500		29.4	30.1
測定 7	0.6208	1.611		31.5	32.3
測定 8	0.5809	1.721		33.5	34.5

表 1

問 4 次ページの文章は、この実験結果に対する生徒たちの会話である。生徒たちの説明が科学的に正しい考察となるように、文章中の空欄に入れる語句または式として最も適当なものを、次ページの選択肢のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

4 5

「空気を理想気体とみなして、この実験結果からボイルの法則を検証できるだろうか。」

「ボイルの法則は温度が一定のときの気体の圧力と体積の関係を示したものだっただね。」

「測定結果を見ると、排気して減圧していくと密閉容器内の温度が **4** いるので、この測定値のままでは使えないよ。」

「それならば、測定 2～8 で得られたシリンダー内の空気の体積を測定 1 の 21.9℃ のときの体積に換算し、それを使ったらいいんじゃないかな。」

「やってみよう、…(しばらくして)…計算結果を V [$\times 10^{-6} \text{ m}^3$] として表に書き入れたよ。」

「へー、どうやったの。」

「測定された密閉容器内の温度 t [℃], シリンダー内の空気の体積 V_0 [$\times 10^{-6} \text{ m}^3$] を用いて、**5** の関係式から測定 1 のときの温度 21.9℃ のときの体積 V [m^3] を計算したよ。」

4 の選択肢

- ① 上昇して ② 下降して ③ 一定となって
④ 上昇後に下降して ⑤ 上昇後に一定となって

5 の選択肢

- ① $\frac{V}{V_0} = \frac{t}{21.9}$ ② $\frac{V_0}{V} = \frac{t}{21.9}$ ③ $\frac{V}{V_0} = \frac{t}{21.9+273}$
④ $\frac{V_0}{V} = \frac{t}{21.9+273}$ ⑤ $\frac{V}{V_0} = \frac{t+273}{21.9+273}$ ⑥ $\frac{V_0}{V} = \frac{t+273}{21.9+273}$

問 5 図 3 は、ボイルの法則を検証するために、表 1 の $1/P$ [$\times 10^{-5}/\text{Pa}$] を横軸に、 V [$\times 10^{-6} \text{ m}^3$] を縦軸に取ったグラフに、実験結果をプロットして適切な直線を引いたものである。もし、容器内に封入した空気の温度がより高温だった場合に、同じ実験を行って同様の解析(測定 1 の温度のときの体積 V [$\times 10^{-6} \text{ m}^3$] を計算する)をしたときのグラフは図 3 のグラフと比較してどのようなになるか。最も適当なものを、次ページの①～⑥のうちから一つ選べ。ただし容器内に封入した空気の温度以外の他の条件は変わらないものとし、破線で表した直線は図 3 のグラフの直線を表すものとする。 **6**

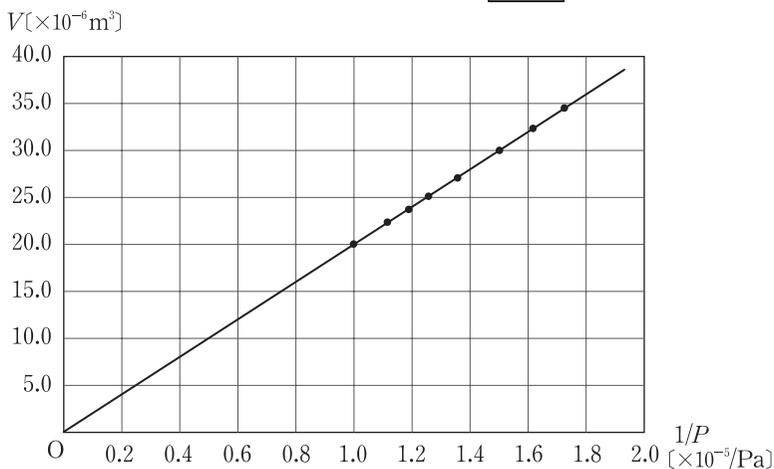
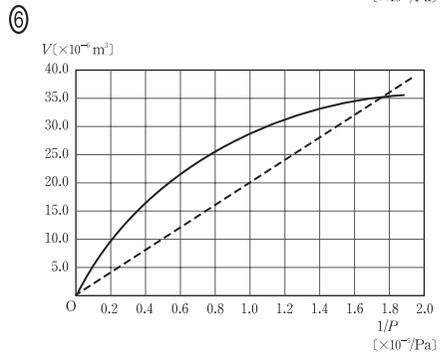
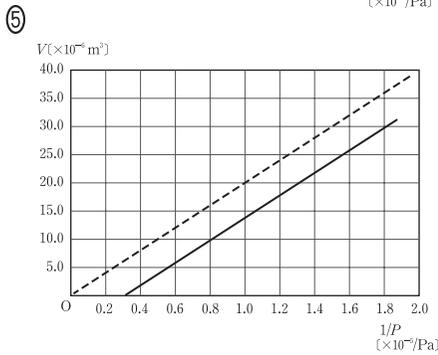
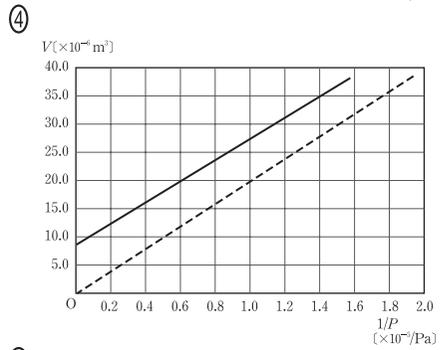
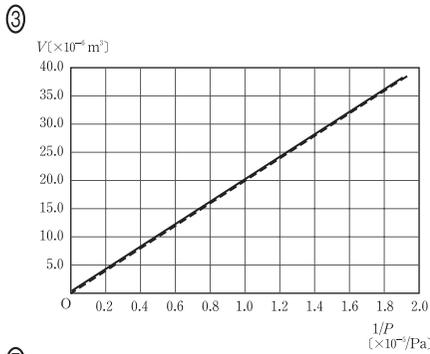
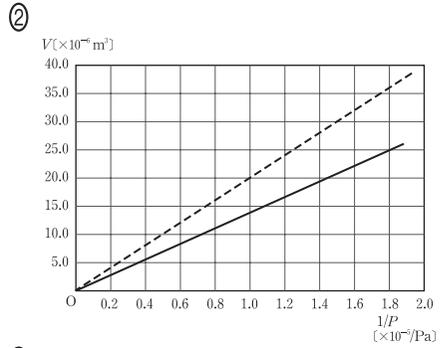
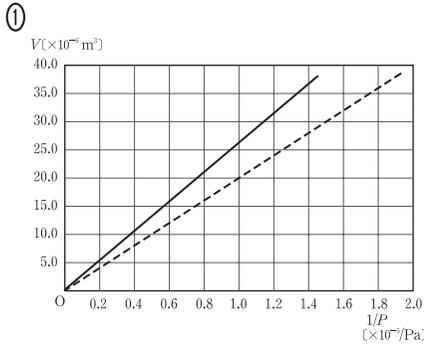


図 3



問6 この実験から求められるシリンダー内の空気の物質質量として最も近い値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 7 mol

① 5.6×10^{-4}

② 8.2×10^{-4}

③ 9.6×10^{-4}

④ 1.2×10^{-3}

⑤ 1.6×10^{-3}

⑥ 1.8×10^{-3}