

問題・解答
用紙番号

50

の解答用紙に解答しなさい。

物 理

〈受験学部・学科〉

理工学部

問題は100点満点で作成しています。

- I 次の文を読み、各問いに対する最も適当な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお、重力加速度の大きさは g [m/s²] とし、空気抵抗は無視できるものとする。(40点)

図1のように、内面がなめらかな頂角 2θ の円錐^{すい}を、中心軸を鉛直方向にして固定した。

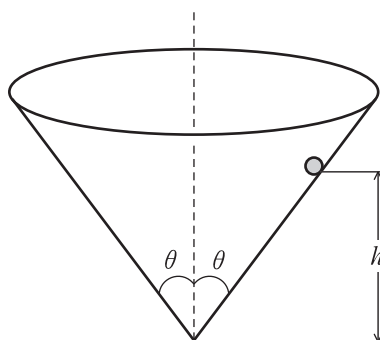


図1

[1] 円錐の頂点から測って高さ h [m] の円錐の内側に質量 m [kg] の小物体を置き、静かに手をはなした。以下の問いに答えよ。

問1. 小物体が円錐内面から受ける垂直抗力の大きさは何 N か。

解答群

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| (ア) mg | (イ) $mg \sin \theta$ | (ウ) $mg \cos \theta$ |
| (エ) $\frac{mg}{\sin \theta}$ | (オ) $\frac{mg}{\cos \theta}$ | (カ) $mg \tan \theta$ |

問2. 小物体が円錐の頂点に達したときの、小物体の速さは何 m/s か。

解答群

- | | | |
|-----------------------------|-----------------|------------------|
| (ア) $\sqrt{gh \sin \theta}$ | (イ) $\sqrt{gh}$ | (ウ) $\sqrt{2gh}$ |
| (エ) $2\sqrt{gh}$ | (オ) gh | (カ) $2gh$ |

問3. 小物体から手をはなしてから、小物体が円錐の頂点に達するまでの時間は何 s か。

解答群

- | | | |
|---|---|---|
| (ア) $\frac{\sqrt{2g}}{h}$ | (イ) $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ | (ウ) $\frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$ |
| (エ) $\frac{1}{\cos \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$ | (オ) $\frac{1}{\tan \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$ | (カ) $\tan \theta \sqrt{\frac{2h}{g}}$ |

- [2] 図2のように、円錐の頂点から測って高さ h [m] の円錐の内側に質量 m [kg] の小物体を置き、円錐の内面に沿って水平に速さ v [m/s] でうちだしたところ、小物体は高さ h を保ったまま、等速円運動をした。以下の問いに答えよ。

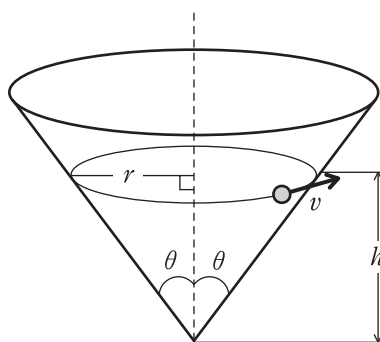


図 2

問 4. この等速円運動の半径 r は何 m か。

解答群

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| (ア) $h \sin \theta$ | (イ) $h \tan \theta$ | (ウ) $h \cos \theta$ |
| (エ) $\frac{h}{\sin \theta}$ | (オ) $\frac{h}{\tan \theta}$ | (カ) $\frac{h}{\cos \theta}$ |

問 5. 小物体が円錐内面から受ける垂直抗力の大きさは何 N か。

解答群

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| (ア) mg | (イ) $mg \sin \theta$ | (ウ) $mg \cos \theta$ |
| (エ) $\frac{mg}{\sin \theta}$ | (オ) $\frac{mg}{\cos \theta}$ | (カ) $mg \tan \theta$ |

問 6. 小物体にはたらく向心力の大きさは何 N か。小物体の速さ v を用いて表せ。

解答群

- | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| (ア) mv | (イ) mv^2 | (ウ) $mr v^2$ |
| (エ) $m \frac{v}{r}$ | (オ) $m \frac{v^2}{r}$ | (カ) $m \frac{v}{r^2}$ |

問7. 小物体にはたらく水平方向の力の大きさは何 N か。ただし、問5の垂直抗力の大きさを N [N] とし、 N を用いて表せ。

解答群

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| (ア) $N \cos \theta$ | (イ) $\frac{N}{\cos \theta}$ | (ウ) $N \sin \theta$ |
| (エ) $\frac{N}{\sin \theta}$ | (オ) $N \tan \theta$ | (カ) $\frac{N}{\tan \theta}$ |

問8. 小物体の速さ v は何 m/s か。

解答群

- | | | |
|------------------|-----------------|-----------------------------|
| (ア) $2gh$ | (イ) gh | (ウ) $2\sqrt{gh}$ |
| (エ) $\sqrt{2gh}$ | (オ) $\sqrt{gh}$ | (カ) $\sqrt{gh \sin \theta}$ |

問9. この等速円運動の角速度の大きさは何 rad/s か。

解答群

- | | | |
|--|--|--|
| (ア) $\tan \theta \sqrt{\frac{h}{g}}$ | (イ) $\frac{1}{\tan \theta} \sqrt{\frac{h}{g}}$ | (ウ) $\tan \theta \sqrt{\frac{g}{h}}$ |
| (エ) $\frac{1}{\tan \theta} \sqrt{\frac{g}{h}}$ | (オ) $\cos \theta \sqrt{\frac{g}{h}}$ | (カ) $\frac{1}{\cos \theta} \sqrt{\frac{g}{h}}$ |

問10. 小物体の全力学的エネルギーは何 J か。ただし、重力による位置エネルギーの基準の高さは、円錐の頂点の高さとする。

解答群

- | | | |
|-----------------------|------------|-----------------------------|
| (ア) $\frac{1}{2} mgh$ | (イ) mgh | (ウ) $\frac{3}{2} mgh$ |
| (エ) $3mgh$ | (オ) $5mgh$ | (カ) $mgh (1 + \sin \theta)$ |

Ⅱ 次の文を読み、各問いに対する最も適当な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお、答えが数値の場合は、最も近い値を解答群から選べ。(30点)

[1] 図1に示すように、 $30\ \Omega$ の抵抗、 $100\ \mu\text{F}$ のコンデンサー、起電力 1 V の直流電源からなる回路をつくった。配線に用いた導線の電気抵抗は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

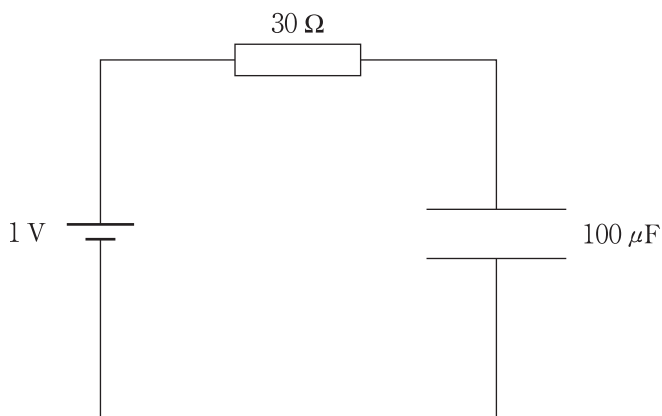


図1

問1. 十分な時間が経過したとき、コンデンサーに蓄えられた電気量は何 C か。

解答群

(ア) $\frac{1}{30} \times 10^{-4}$ (イ) $\frac{29}{30} \times 10^{-4}$ (ウ) 10^{-4} (エ) $\frac{1}{30}$ (オ) 10^2

問2. 十分な時間が経過したとき、コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーは何 J か。

解答群

(ア) $\frac{1}{2} \times 10^{-4}$ (イ) 10^{-4} (ウ) $\frac{1}{30}$ (エ) $\frac{10}{3}$ (オ) 50

- [2] 図2に示すように、 $30\ \Omega$ の抵抗、 $100\ \mu\text{F}$ のコンデンサー、角周波数 $250\ \text{rad/s}$ で実効値が $100\ \text{V}$ の交流電源からなる回路をつくった。配線に用いた導線の電気抵抗は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

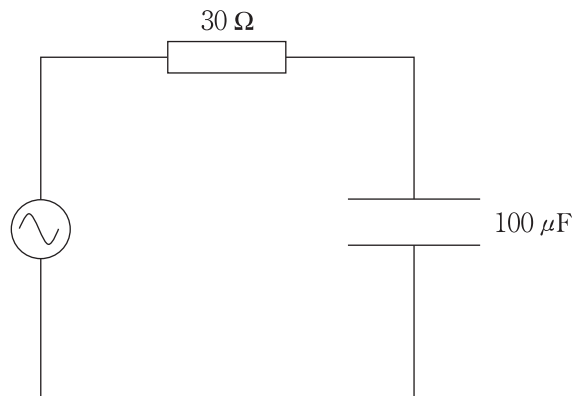


図2

問3．交流電源の電圧の最大値は何 V か。

解答群

- (ア) 0 (イ) 71 (ウ) 100 (エ) 141 (オ) 200

問4．コンデンサーのリアクタンス（容量リアクタンス）は何 Ω か。

解答群

- (ア) 2.5×10^{-2} (イ) $\frac{20}{\pi}$ (ウ) 40 (エ) 80π (オ) 10^4

問5．回路に流れる電流の実効値は何 A か。

解答群

- (ア) 0 (イ) 1.4 (ウ) 2 (エ) 2.5 (オ) 3.3

問6．回路の平均の消費電力は何 W か。

解答群

- (ア) 0 (イ) 120 (ウ) 200 (エ) 280 (オ) 333

- [3] 図3のように、真空中で、十分に長い直線導線に上から下に向かって大きさ I [A] の電流が流れている。また、この導線と同一平面内に一辺の長さ L [m] の正方形コイル ABCD があり、そのコイルには紙面に向かって時計回りに大きさ i [A] の電流が流れている。コイルの辺 AD は導線と平行で、導線から x [m] だけはなれている。真空の透磁率を μ_0 [N/A²] とし、導線の電気抵抗は無視できるものとして以下の問いに答えよ。なお、コイルを流れる電流がつくる磁界（磁場）は無視できるほど小さいとする。

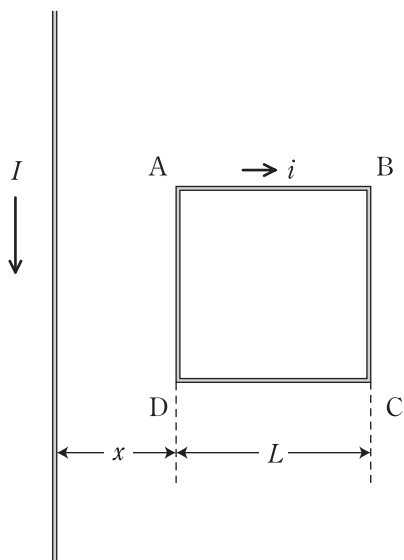


図3

問7. 正方形コイルが受ける力の合力の向きとして正しいものを選べ。

解答群

- | | |
|----------------------|----------------------|
| (ア) A から B へ向かう向き | (イ) B から A へ向かう向き |
| (ウ) A から D へ向かう向き | (エ) D から A へ向かう向き |
| (オ) 紙面に垂直で表から裏に向かう向き | (カ) 紙面に垂直で裏から表に向かう向き |

問8. 正方形コイルが受ける力の合力の大きさは何 N か。

解答群

- | | | |
|--|--|---|
| (ア) $i\mu_0 \frac{I}{2\pi x} L$ | (イ) $i\mu_0 \frac{I}{2\pi(x+L)} L$ | (ウ) $i\mu_0 \frac{I}{2\pi} \frac{L^2}{x^2}$ |
| (エ) $i\mu_0 \frac{I}{2\pi} \frac{L^2}{x(x+L)}$ | (オ) $i\mu_0 \frac{I}{2\pi} \frac{(2x+L)L}{x(x+L)}$ | |

Ⅲ 次の文を読み、各問いに対する最も適当な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。ただし、気体定数を R [J/(mol・K)] とし、気体はすべて単原子分子理想気体とする。(30点)

[1] 図1のように断熱材に囲まれた容器1と容器2が、細管を介して連結されている。容器1, 2の容積はそれぞれ V_1 [m³], V_2 [m³] で、はじめ栓は閉じられた状態であった。容器1に温度 T_1 [K] の気体 n_1 [mol] を、容器2に温度 T_2 [K] の気体 n_2 [mol] を封入した。細管の内部の体積は無視できるものとし以下の問いに答えよ。

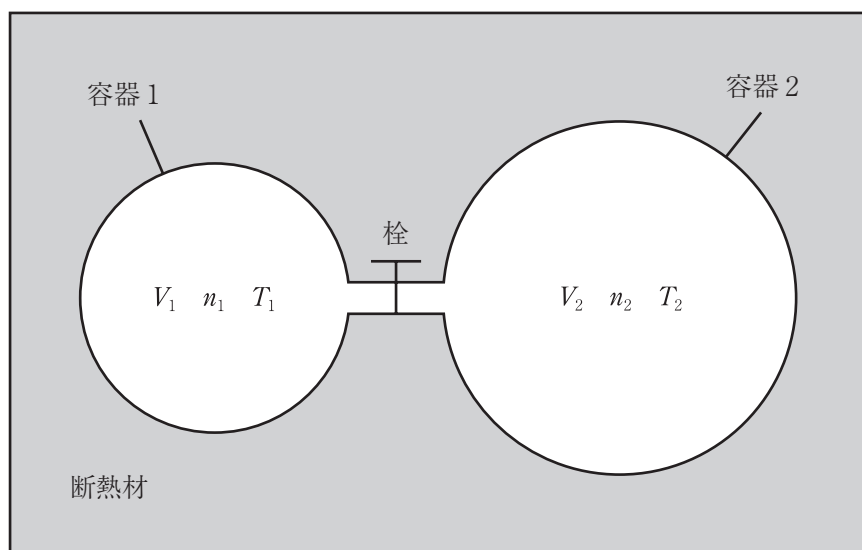


図1

問1. 栓が閉じられたはじめの状態のとき、容器1内の気体の圧力は何 Pa か。

解答群

(ア) $\frac{n_1 R T_1}{V_1}$

(イ) $\frac{n_1 R}{T_1 V_1}$

(ウ) $\frac{T_1 V_1}{n_1 R}$

(エ) $\frac{V_1}{n_1 R T_1}$

(オ) $n_1 R T_1 V_1$

問 2. 問 1 のとき, 容器 1 内の気体の内部エネルギーは何 J か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{2} n_1 R T_1$ (イ) $n_1 R T_1$ (ウ) $\frac{3}{2} n_1 R T_1$
(エ) $2 n_1 R T_1$ (オ) $\frac{5}{2} n_1 R T_1$

問 3. 栓を開き十分な時間をおくと, 容器 1 と容器 2 内の気体の温度および圧力は等しくなった。このときの温度は何 K か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{2} (T_1 + T_2)$ (イ) $T_1 + T_2$ (ウ) $|T_1 - T_2|$
(エ) $n_1 T_1 + n_2 T_2$ (オ) $\frac{n_1 T_1 + n_2 T_2}{n_1 + n_2}$

問 4. 問 3 のとき, 圧力は何 Pa か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{2} R \frac{T_1 + T_2}{V_1 + V_2}$ (イ) $R \frac{T_1 + T_2}{V_1 + V_2}$ (ウ) $R \frac{n_1 T_1 + n_2 T_2}{V_1 + V_2}$
(エ) $(n_1 + n_2) R \frac{n_1 T_1 + n_2 T_2}{V_1 + V_2}$ (オ) $R \frac{n_1 T_1}{V_1} + R \frac{n_2 T_2}{V_2}$

- [2] 図2のように断熱材に囲まれた容器1と容器2が、細管を介して連結されている。はじめ、容積 V_1 [m³] の容器1には、温度 T_1 [K] の気体 n_1 [mol] が封入されている。一方、容積 V_2 [m³] の容器2には気体が入っておらず真空中で、栓は閉じられた状態であった。細管の内部の体積は無視できるものとし以下の問いに答えよ。

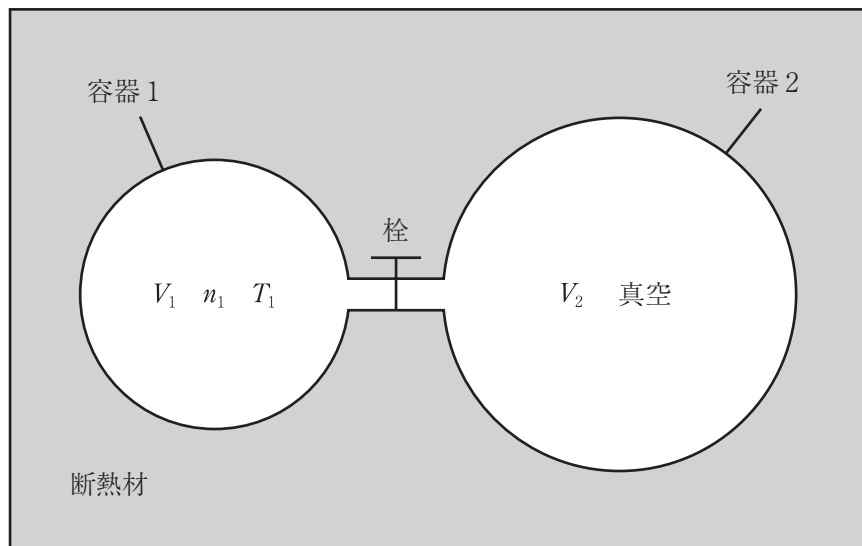


図2

- 問5. 栓を開き十分な時間をおくと、容器1と容器2内の気体の温度および圧力は等しくなった。このときの温度は何 K か。

解答群

- (ア) T_1 (イ) $\frac{V_1}{V_2} T_1$ (ウ) $\frac{V_2}{V_1} T_1$
 (エ) $\frac{V_1}{V_1 + V_2} T_1$ (オ) $\frac{V_1 + V_2}{V_1} T_1$

- 問6. 問5のとき、圧力は何 Pa か。

解答群

- (ア) $R \frac{n_1 T_1}{V_1}$ (イ) $R \frac{n_1 T_1}{V_2}$ (ウ) $R \frac{n_1 T_1}{|V_1 - V_2|}$
 (エ) $R \frac{n_1 T_1}{V_1 + V_2}$ (オ) $R \frac{V_1 + V_2}{n_1 T_1}$

- [3] 図3のように断熱材に囲まれた容器1とピストン付き容器2が、細管を介して連結されている。容器2のピストンも断熱材でできており、軽くなめらかに動く。はじめ、容積 V_1 [m³] の容器1には、温度 T_1 [K] の気体 n_1 [mol] が封入されている。一方、容器2には気体が入っておらず真空中で、栓は閉じられた状態であった。なお、容器の外側の圧力は大気圧 p_0 [Pa] である。細管の内部の体積は無視できるものとし以下の問いに答えよ。

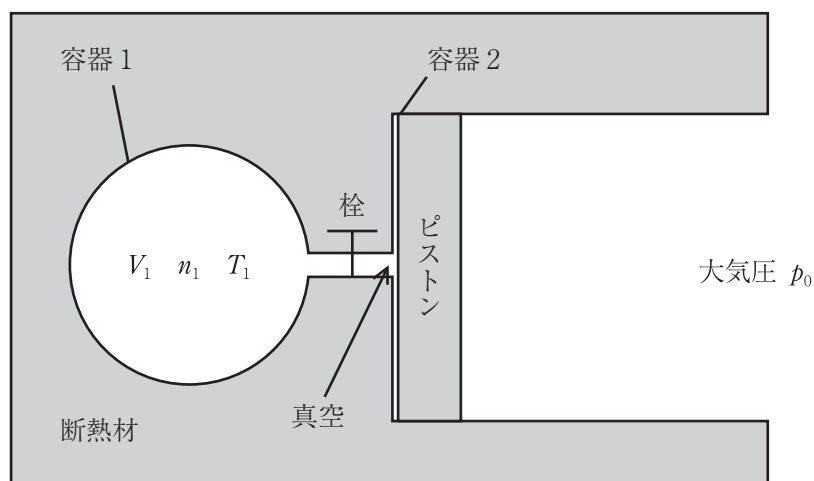


図3

問7. 栓を開くと、ピストンは静かに右に動き出し、容器2の容積が V_2 [m³] となったところで静止した。このとき、容器1と容器2内の気体の圧力は何 Pa か。

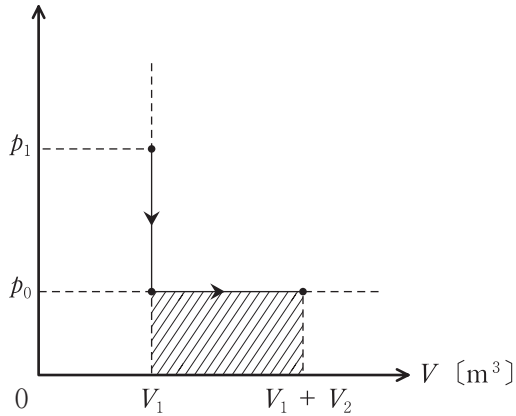
解答群

- (ア) p_0 (イ) $\frac{V_1}{V_2} p_0$ (ウ) $\frac{V_2}{V_1} p_0$ (エ) $\frac{V_1}{V_1 + V_2} p_0$ (オ) $\frac{V_1 + V_2}{V_1} p_0$

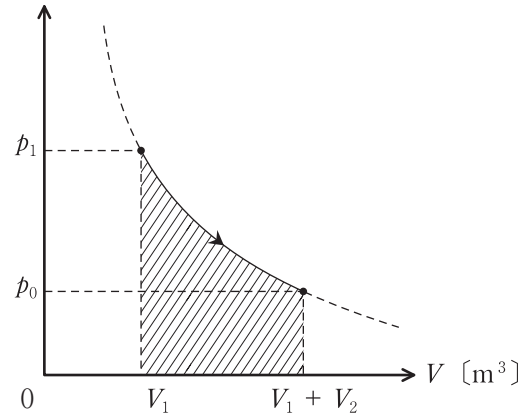
問8. 問7のとき、気体が外部に対して行った仕事を、 p - V グラフの斜線をつけた領域の面積で表した場合、最も適当なものを選び。ただし、はじめの気体の圧力は p_1 [Pa] である。

解答群

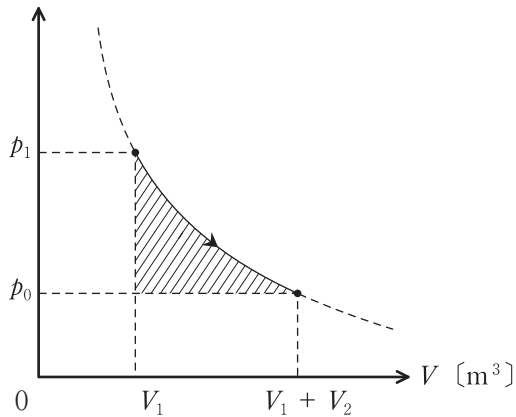
(ア) p [Pa]



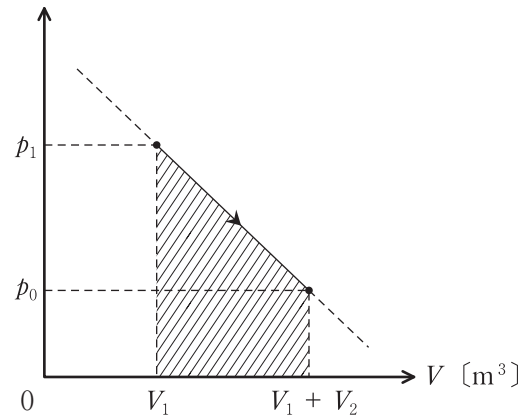
(イ) p [Pa]



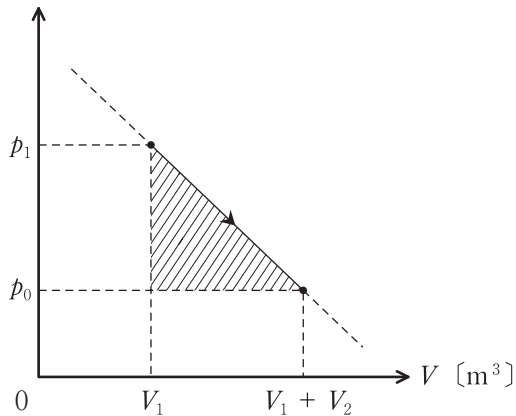
(ウ) p [Pa]



(エ) p [Pa]



(オ) p [Pa]



問 9. 問 7 のとき, 気体の温度は何 K か。ただし, 問 8 で求めた気体が外部に対して行った仕事を W [J] ($W > 0$) とせよ。

解答群

$$\begin{array}{lll} (\text{ア}) & T_1 & (\text{イ}) \quad T_1 + \frac{3}{2} n_1 R W \quad (\text{ウ}) \quad T_1 - \frac{3}{2} n_1 R W \\ (\text{エ}) & T_1 + \frac{2}{3} \frac{W}{n_1 R} & (\text{オ}) \quad T_1 - \frac{2}{3} \frac{W}{n_1 R} \end{array}$$