群馬大学

2026 年度　前期日程　物理

（2 科目　120 分）

1

【Ⅰ】水平な床の上を運動する、質量 0.5 kg の小物体がある。図 1 のように、水平右向きに x 軸をとる。小物体には、鉛直下向きで大きさ 5 N の重力と、床からの垂直抗力がはたらいており、さらに、x 軸の負の向きで大きさが 3 N の一定の力が加えられている。また、小物体が床の上を運動しているとき、小物体と床との間には、動摩擦係数が 0.2 の動摩擦力がはたらく。小物体の位置の x 座標を $x\,[\mathrm{m}]$ とする。空気抵抗の影響は無視できるとして、以下の問 (1)〜(6) に答えよ。



図 1

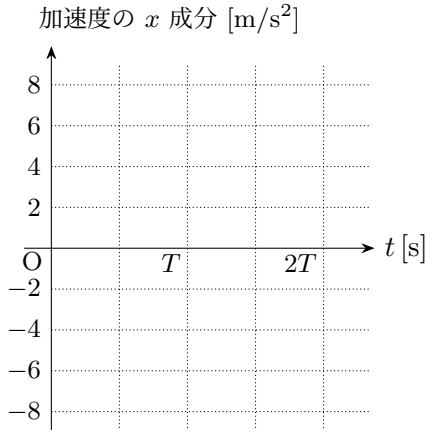
時刻 $t = 0\,\mathrm{s}$ において、小物体は $x = 0\,\mathrm{m}$ の位置にあり、小物体の速度は x 軸の正の向きで大きさが $8\,\mathrm{m/s}$ であった。その後、小物体は床の上を x 軸の正の向きに運動し、時刻 $t = T\,[\mathrm{s}]$ において、$x = x_0\,[\mathrm{m}]$ の位置で速度の大きさが $0\,\mathrm{m/s}$ となった後、床の上を x 軸の負の向きに運動した。

(1)　小物体が床の上を運動しているとき、小物体が床から受ける動摩擦力の大きさを、有効数字 1 桁で答えよ。

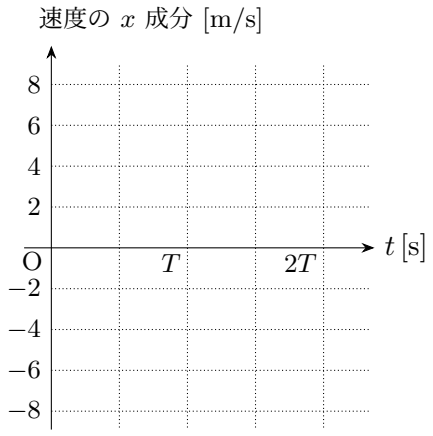
(2)　小物体の速度の大きさが $0\,\mathrm{m/s}$ となる時刻 T の値を、有効数字 1 桁で答えよ。

(3)　小物体の速度の大きさが $0\,\mathrm{m/s}$ となる位置 x_0 の値を、有効数字 1 桁で答えよ。

(4)　時刻 $0 < t < 2T$ の範囲について、小物体の加速度の x 成分を、時刻 t の関数として、解答欄のグラフに図示せよ。



(5) 時刻 $0 < t < 2T$ の範囲について、小物体の速度の x 成分を、時刻 t の関数として、解答欄のグラフに図示せよ。



(6) 時刻 $0 < t < 2T$ の範囲について、小物体の位置 x と時刻 t の関係を表したグラフとして最も適切なものを、図 2 に示す選択肢 (あ)〜(か) から選び、記号で答えよ。

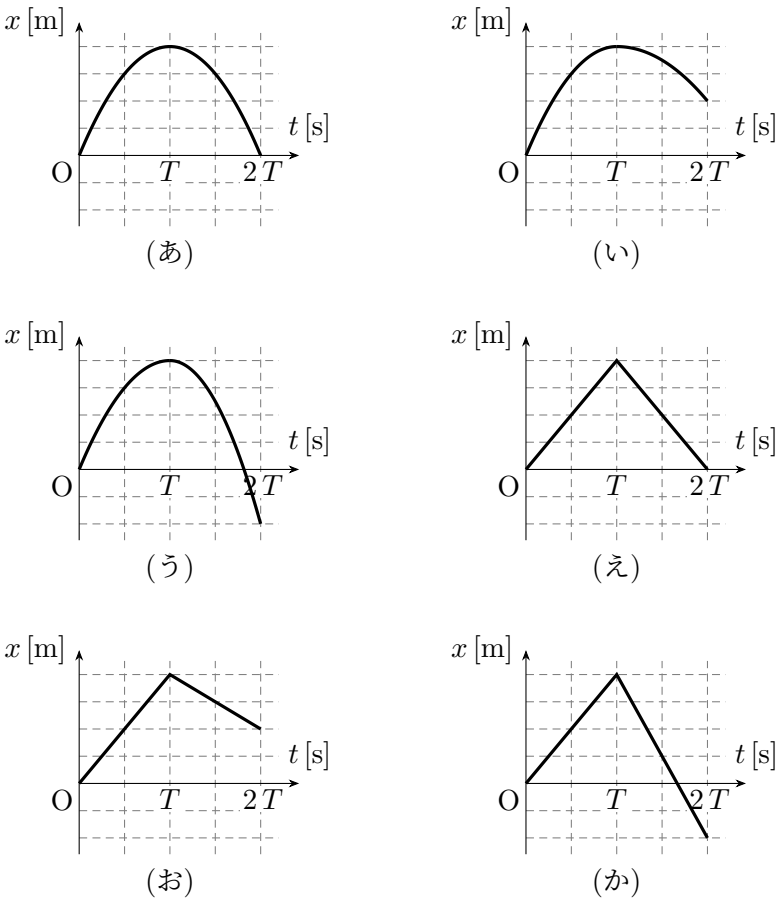


図 2

【Ⅱ】図 3 のように、水平から角 θ（$0 < \theta < 90°$）の傾きをもつ斜面が、水平な床と点 P で接続されている。斜面上で点 P から距離 L だけ離れた位置に点 O をとる。質量 m の小物体を、点 O から斜面上方に向けて、斜面に平行に打ち出す運動を考える。小物体と斜面との間には、動摩擦係数が μ' の動摩擦力がはたらく。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗の影響は無視できるとする。以下の問 (7)〜(17) に答えよ。

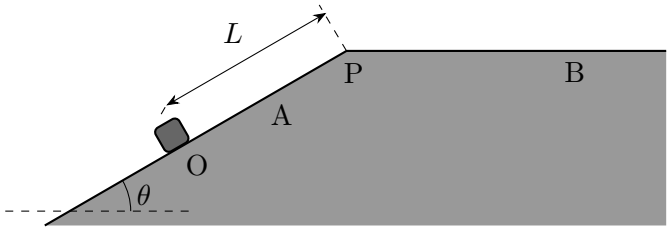


図 3

小物体を、点 O から斜面上方に向けて、斜面に平行で大きさ v_0 の初速度で打ち出したところ、小物体は斜面上をすべりながら点 P に向かって運動し、斜面上の点 A で速度の大きさが 0 となった後、斜面を点 O まですべりおりた。

(7) 斜面上にある小物体がうける重力を、斜面に垂直な方向と斜面に平行な方向に分解したときの、各方向の成分の大きさを、m，g，θ のうち、必要なものを用いて表せ。

(8) 小物体が斜面上を運動しているとき、小物体が斜面から受ける動摩擦力の大きさを、m，g，θ，μ' のうち、必要なものを用いて表せ。

(9) 小物体が斜面上を点 O から点 A に向かって運動しているときの、小物体の加速度の大きさを、m，g，θ，μ' のうち、必要なものを用いて表せ。

(10) 小物体が点 O から打ち出されてから、点 A に到達するまでの時間を、m，g，θ，μ'，v_0 のうち、必要なものを用いて表せ。

(11) 点 O と点 A の間の距離を、m，g，θ，μ'，v_0 のうち、必要なものを用いて表せ。

(12) 小物体が点 A から斜面下方に向けて運動を開始してから、点 O に到達するまでの時間を、m，g，θ，μ'，v_0 のうち、必要なものを用いて表せ。

次に、小物体を、点 O から斜面上方に向けて、斜面に平行で大きさ v_1 の初速度で打ち出したところ、小物体は斜面上をすべりながら点 P に向かって運動し、点 P を通過した後、空中を運動し、床の上の点 B に着地した。なお、小物体が点 P を通過する直前と直後で、小物体の速度は変わらず、小物体は点 P から速度の大きさ V で、水平と角 θ をなす向きにとび出したとする。

(13) 小物体が点 O から点 P まで移動する間に、小物体が斜面から受ける動摩擦力が、小物体に対してする仕事の大きさを、m，g，θ，μ'，L，v_1 のうち、必要なものを用いて表せ。

(14) 小物体が点 P に到達する直前の、小物体の速度の大きさ V を、g，θ，μ'，L，v_1 のうち、必要なものを用いて表せ。

(15) 小物体が点 P を通過してから、点 B に着地するまでの時間を、g，θ，V のうち、必要なものを用いて表せ。

(16) 小物体が点 P から点 B まで運動する間に、小物体が到達した最高点の水平な床からの高さを、g，θ，V のうち、必要なものを用いて表せ。

(17) 点 P と点 B の間の距離が L より大きくなるためには、小物体を点 O から打ち出す初速度の大きさ v_1 が、

$v_1 >$ [ア]

を満たす必要がある。[ア] に入る最も適切な数式を、g，θ，μ'，L のうち、必要なものを用いて表せ。

2

【Ⅰ】図 1 のように、直流電源、スイッチ S、抵抗①、抵抗②、抵抗③、抵抗④、可変抵抗からなる回路がある。抵抗①と抵抗②の抵抗値は 1 Ω、抵抗③と抵抗④の抵抗値は 2 Ω であり、可変抵抗の抵抗値は変化させることができる。

可変抵抗の抵抗値を 1 Ω に調整し、スイッチ S を閉じた。スイッチ S を閉じて十分な時間が経過した後、b と c の間の抵抗④には b から c の向きに 2 A の電流が流れ、b と d の間の抵抗②には b から d の向きに 1 A の電流が流れた。以下の問 (1)〜(3) に答えよ。

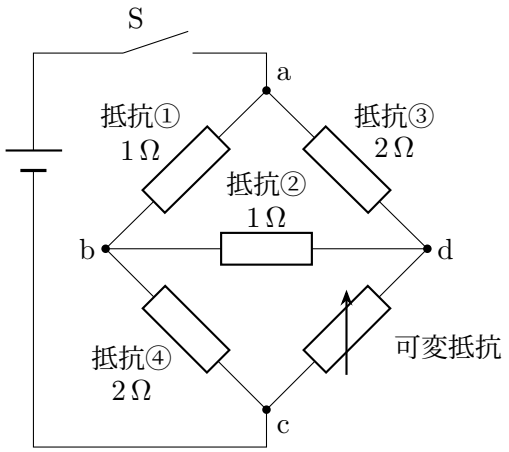


図 1

(1)　a と b の間の抵抗①に流れる電流の大きさを答えよ。

(2)　a と c の間の電位差の大きさを答えよ。

次に、可変抵抗の抵抗値を R_x [Ω] に調整したところ、b と d の間の抵抗②に電流が流れなくなった。

(3)　R_x の値を答えよ。

図 2 のような、直流電源、スイッチ S、抵抗⑤、抵抗⑥、抵抗⑦、抵抗⑧、電気容量 C [F] のコンデンサーからなる回路を考える。抵抗⑤、抵抗⑥、抵抗⑦の抵抗値は R [Ω]、抵抗⑧の抵抗値は $3R$ [Ω] である。スイッチ S を閉じて十分な時間が経過した後、a と b の間の抵抗⑤には a から b の向きに大きさ I [A] の電流が流れた。以下の問 (4)〜(10) に答えよ。

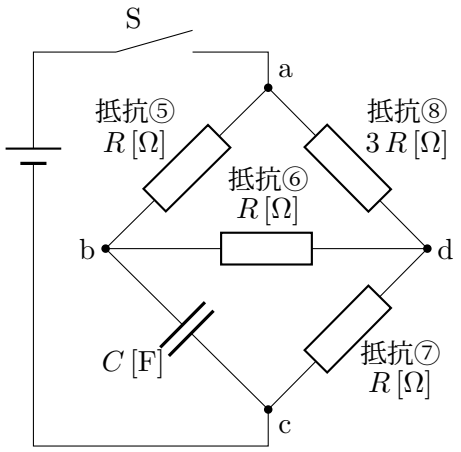


図 2

(4) a と b の間の電位差の大きさ、および b と d の間の電位差の大きさを、それぞれ I と R を用いて表せ。

(5) a と d の間の抵抗⑧に流れる電流の大きさを、I を用いて表せ。

(6) c と d の間の電位差の大きさを、I と R を用いて表せ。

(7) 直流電源の端子電圧の大きさを、I と R を用いて表せ。

(8) b と c の間の電位差の大きさを、I と R を用いて表せ。

(9) コンデンサーに蓄えられた電気量を、C, I, R を用いて表せ。

(10) 抵抗⑤、抵抗⑥、抵抗⑦、抵抗⑧で消費される電力の合計を、I と R を用いて表せ。

【Ⅱ】図 3 のような、端子電圧 100 V の直流電源、スイッチ S_1 およびスイッチ S_2、抵抗値 100 Ω の抵抗⑨、電球①と電球②からなる回路を考える。電球①と電球②はいずれも、図 4 のような電流電圧特性をもつものとする。

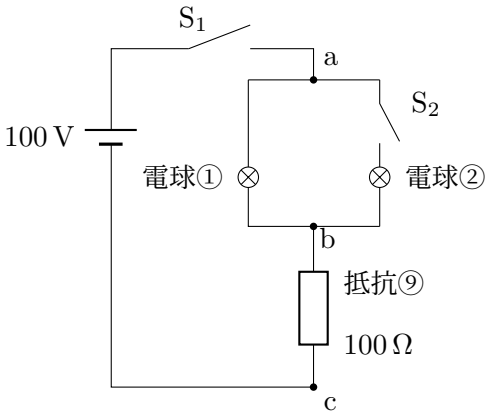


図 3

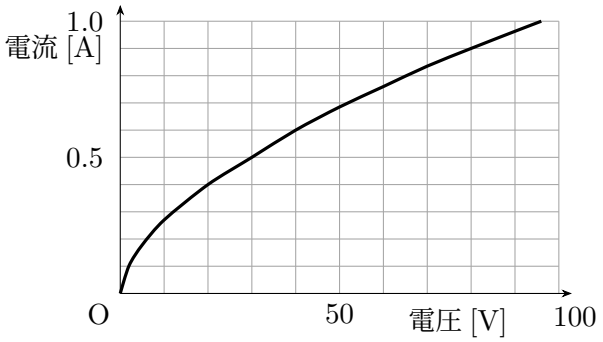


図 4

まず、スイッチ S_2 が開いている状態でスイッチ S_1 を閉じた。スイッチ S_1 を閉じてから十分な時間が経過した状態について考える。このときの、点 b を基準にした点 a の電位を V_1 [V]、電球①を流れる電流の大きさを I_1 [A] とする。以下の問 (11)〜(13) に答えよ。

(11) V_1 と I_1 の間には、

$$V_1 = \boxed{\text{ア}} - \boxed{\text{イ}} \times I_1$$

という関係式が成り立つ。 ア および イ に当てはまる、最も適切な数字をそれぞれ書け。

ここで、図 4 と問 (11) で求めた関係式を用いると、V_1 と I_1 の値を求めることができる。

(12) V_1 の値として最も適切なものを、問題末尾の選択肢 (あ)〜(え) から選び、記号で答えよ。

(13) I_1 の値として最も適切なものを、問題末尾の選択肢 (お)〜(く) から選び、記号で答えよ。

次にスイッチ S_1 を閉じたままスイッチ S_2 を閉じた。スイッチ S_2 を閉じてから十分な時間が経過した状態について考える。このときの、点 b を基準にした点 a の電位を V_2 [V]、電球①を流れる電流の大きさを I_2 [A] とする。以下の問 (14)〜(17) に答えよ。

(14) V_2 と I_2 の間には、

$$V_2 = \boxed{\text{ウ}} - \boxed{\text{エ}} \times I_2$$

という関係式が成り立つ。［ ウ ］および［ エ ］に当てはまる、最も適切な数字をそれぞれ書け。

(15) V_2 の値として最も適切なものを、問題末尾の選択肢 (あ)〜(え) から選び、記号で答えよ。

(16) I_2 の値として最も適切なものを、問題末尾の選択肢 (お)〜(く) から選び、記号で答えよ。

(17) 電球①、電球②、抵抗⑨で消費される電力の合計として最も適切なものを、問題末尾の選択肢 (け)〜(し) から選び、記号で答えよ。

(12) および (15) の選択肢：

(あ) 20 V　(い) 40 V　(う) 60 V　(え) 80 V

(13) および (16) の選択肢：

(お) 0.2 A　(か) 0.4 A　(き) 0.6 A　(く) 0.8 A

(17) の選択肢：

(け) 20 W　(こ) 40 W　(さ) 60 W　(し) 80 W

3

【I】A さんと B さんが会話をしている。以下の会話文を読んで、問 (1)〜(5) に答えよ。会話中に出てくる魔法びんの構造は図 1 の通りである。

A さん　お茶をいれようと思ってお湯を沸かしてるけど、B さんもどう？

B さん　ありがとう。後でいれるから、沸かしたお湯は魔法びんに入れておいてくれる？

A さん　わかったよ。ところで、やかんの中を見ていると、お湯が動いてるように見えるね。

B さん　それは、やかんの中のお湯に温度差があって起こる［ A ］と呼ばれる現象だよ。

A さん　よしできた。お湯は魔法びんに入れてと。ところで、どうして魔法びんだとお湯が冷めにくいんだろう？

B さん　魔法びんの構造を知ってる？ 魔法びんは、内びんと外びんの 2 重構造になっていて、その間が真空になっているよ。お湯をペットボトルのような容器に入れておくと、お湯の熱は容器の壁面を伝わって、外部の空気へ逃げていくけど、魔法びんは内びんが外部の空気と接触していないから、熱を奪われないよ。

A さん　そうなんだ。でも、真空が熱を伝えないのなら、お湯はまったく冷めずに熱いままなんじゃない？

B さん　魔法びんは、構造上、どうしても内びんと外びんが一部でつながっていて、そこを通って熱が外びんに伝わってしまう。このように熱が伝わる現象は、［ B ］と呼ばれているよ。実際に

は［ B ］だけじゃなくて、熱が電磁波として伝わる［ C ］と呼ばれる現象も一緒に起こっていると考えられるね。

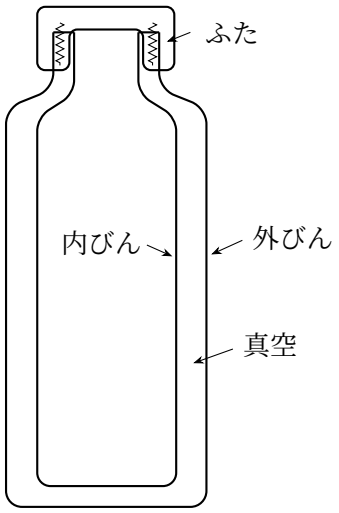


図 1

(1)　文章中の［ A ］～［ C ］に入る適切な語句を以下の選択肢 (ア)～(エ) から選んで記号で答えよ。

(ア)　熱平衡　　(イ)　対流　　(ウ)　熱放射　　(エ)　熱伝導

内びんの温度が $T_0\,[^\circ\mathrm{C}]$ の空の魔法びんに $T_1\,[^\circ\mathrm{C}]$ のお湯を投入する。内びんの質量は $m\,[\mathrm{g}]$、比熱は $c\,[\mathrm{J/(g\cdot K)}]$ であり、お湯の質量は $M\,[\mathrm{g}]$、比熱は $c'\,[\mathrm{J/(g\cdot K)}]$ である。お湯を入れて十分に時間が経過した後に、内びんとお湯の温度は一定となる。このときの温度を $T\,[^\circ\mathrm{C}]$ とする。ただし、内びんとお湯の間以外のエネルギーのやり取りはないものとし、お湯の蒸発は無視できるものとする。

(2)　お湯を投入してから、内びんとお湯の温度が一定となる間に、内びんがお湯から得た熱量を T_0, T, m, c を用いて表せ。

(3)　十分に時間が経過した後の内びんとお湯の温度 T を T_0, T_1, m, M, c, c' を用いて表せ。

次に、空の魔法びんを用意し、内びんを $0\,^\circ\mathrm{C}$ に冷やす。内びんの質量は $200\,\mathrm{g}$、比熱は $0.50\,\mathrm{J/(g\cdot K)}$ である。この魔法びんに $0\,^\circ\mathrm{C}$ の氷を入れたのち、お茶を $110\,\mathrm{g}$ だけ注ぎ込む。このとき、氷は融解し、お茶は希釈され冷たいお茶になる。お茶の比熱は $4.2\,\mathrm{J/(g\cdot K)}$ であり、希釈されても変化しない。内びん、氷、お茶の間以外でのエネルギーのやり取りはないものとし、お茶の蒸発は無視できる

ものとする。氷の融解熱は $0.33 \times 10^3\,\mathrm{J/g}$ とする。

(4) 温度が 60 °C のお茶を注ぎ込む場合を考える。十分に時間が経過した後のお茶の温度を 0 °C にするために必要な氷の質量の最小値を有効数字 2 桁で求めよ。

(5) 魔法びんの中の氷の量が 150 g であるとする。魔法びんに注ぎ込むお茶の温度が 60 °C の場合と 90 °C の場合の、それぞれについて、十分に時間が経過した後のお茶の温度として最も適切なものを、以下の選択肢 (あ)〜(う) から選んで記号で答えよ。

(あ) 0 °C よりも低い　　(い) ちょうど 0 °C　　(う) 0 °C よりも高い

【Ⅱ】図 2 に示すような、なめらかに動くピストン付きのシリンダーに、1 mol の単原子分子理想気体が閉じ込められている。シリンダーとピストンは断熱材でできており、シリンダー内には温度調節器が設置されている。温度調節器は、内部の気体に熱を与えたり、内部の気体から熱を取り去ったりすることができる。気体と温度調節器の間以外の熱のやり取りは考えなくてよい。また、ピストンとシリンダーの間の摩擦は無視できる。

この装置を使って、図 3 に示す 3 つの過程を繰り返して状態をゆっくり変化させた。最初に、気体は圧力 $p_0\,[\mathrm{Pa}]$、体積 $V_0\,[\mathrm{m^3}]$、温度 $T_0\,[\mathrm{K}]$ の状態で閉じ込められていた。この状態を状態 A とする。過程①は等温変化であり、気体の温度を一定に保ったまま体積を V_0 から $V_1\,[\mathrm{m^3}]$ に圧縮して $p_1\,[\mathrm{Pa}]$ とした。この状態を状態 B とする。過程②は定圧変化であり、圧力を一定に保ったまま体積を V_1 から V_0 に膨張させた。この状態を状態 C とする。状態 C の気体の温度を $T_\mathrm{C}\,[\mathrm{K}]$ とする。過程③は定積変化であり、体積を一定に保ったまま温度を T_C から T_0 に変化させて状態 A にもどした。過程①、過程②および過程③において、気体が温度調節器から得た熱量をそれぞれ、$Q_\mathrm{AB}\,[\mathrm{J}]$, $Q_\mathrm{BC}\,[\mathrm{J}]$, $Q_\mathrm{CA}\,[\mathrm{J}]$ とする。気体定数を $R\,[\mathrm{J/(mol\cdot K)}]$ として、温度 $T\,[\mathrm{K}]$ における単原子分子理想気体 1 mol の内部エネルギーは $\dfrac{3}{2}RT\,[\mathrm{J}]$ である。以下の問 (6)〜(11) に答えよ。

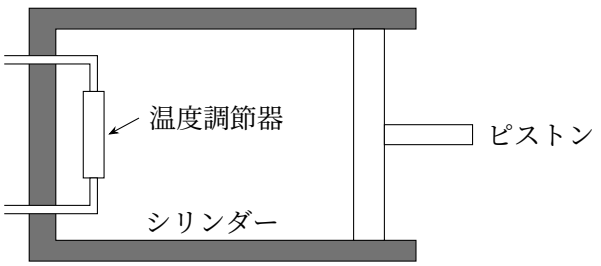


図 2

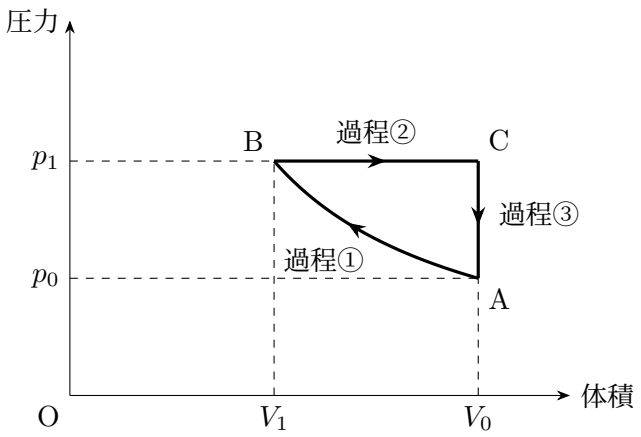


図 3

(6) 状態 B の圧力 p_1 を、V_0，V_1，p_0 を用いて表せ。

(7) 状態 C の温度 T_{C} を、p_0，p_1，T_0 を用いて表せ。

(8) 過程②において気体が外部からされた仕事を、V_0，V_1，p_1 を用いて表せ。

(9) 過程②において気体が温度調節器から得た熱量 Q_{BC} を、V_0，V_1，p_1 を用いて表せ。

(10) 過程③において気体が温度調節器から得た熱量 Q_{CA} を、V_0，V_1，p_1 を用いて表せ。

(11) 図 3 のサイクルを熱機関とみなしたときの熱効率を、Q_{AB}，Q_{BC}，Q_{CA} のうち必要なものを用いて表せ。