

(前期日程)

令和 5 年度 理 科 物理基礎・物理(物理) 化学基礎・化学(化学)

科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

理学部の受験者

物理受験の者は、物理基礎・物理(物理)を解答すること。

化学受験の者は、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

医学部の受験者

物理基礎・物理(物理)と、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

工学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目およびページは、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ
物理基礎・物理(物理)	1～12
化学基礎・化学(化学)	14～23

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 5 解答は、すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。
- 6 解答用紙はすべて机の上に出しておくこと。机の中に入れてはいけません。

物理基礎・物理（物理）

教育学部，理学部，工学部および農学部受験者は，☐1☐～☐4を解答すること。

医学部受験者は，☐1，☐2を解答すること。

1

以下の設問に答えなさい。

問 1 図 1 のように水平面 AC がある。距離 l の AB 間は表面が粗く摩擦があるが、その他では摩擦はないものとする。質量 m の物体 1 に点 A を始点として水平右向きの初速度 v_0 を与えたところ、物体 1 は AB 間で静止せずに点 C まで移動し、点 C から飛び出して点 C から h だけ下方の水平面に着地した。物体 1 の大きさ、空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g 、物体 1 と AB との間の動摩擦係数を μ' として以下の設問に答えなさい。

特に指示がない限り、解答に使用できる記号は m , h , l , g , μ' , v_0 とする。

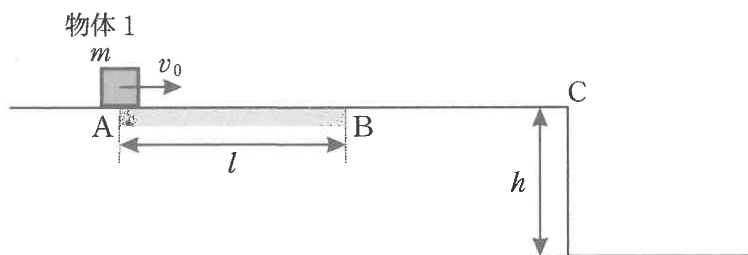


図 1

- (1) 物体 1 が点 A でもつ運動エネルギー K_A を答えなさい。
- (2) AB 間で動摩擦力が物体 1 にする仕事 W_{AB} を答えなさい。
- (3) AB 間で物体 1 が静止しないための v_0 の条件を不等式で記しなさい。さらに、BC 間での物体 1 の速さ v を答えなさい。
- (4) 点 C から飛び出した物体 1 が下方の水平面に着地する位置の水平方向距離を点 C からの水平方向距離 l_C として答えなさい。解答には、BC 間での物体 1 の速さ v を使用してもよい。

問 2 図 2 のように、斜面 AC と水平面 CE がある。斜面の傾きは θ であり、斜面と水平面は点 C で滑らかにつながっているものとする。水平面 CE から点 A までの高さは h である。距離 l の斜面 AB 間は表面が粗く摩擦があるが、その他では摩擦はないものとする。質量 M の物体 2 は水平面 CE 上の点 D に静止しているものとする。質量 m の物体 1 を点 A に静かに置くと、物体 1 は斜面に沿って下り始めた。物体 1 は点 B と C を経由して斜面を滑り降りた後、点 D まで移動して物体 2 と衝突した。物体 1 と物体 2 の間の反発係数(はね返り係数)を e とし、物体 1 と物体 2 の再衝突は考えないものとする。物体 1 と物体 2 の大きさ、空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g 、物体 1 と斜面 AB との間の動摩擦係数を μ' として以下の設問に答えなさい。

特に指示がない限り、解答に使用できる記号は $m, M, h, l, \theta, g, \mu', e$ とする。

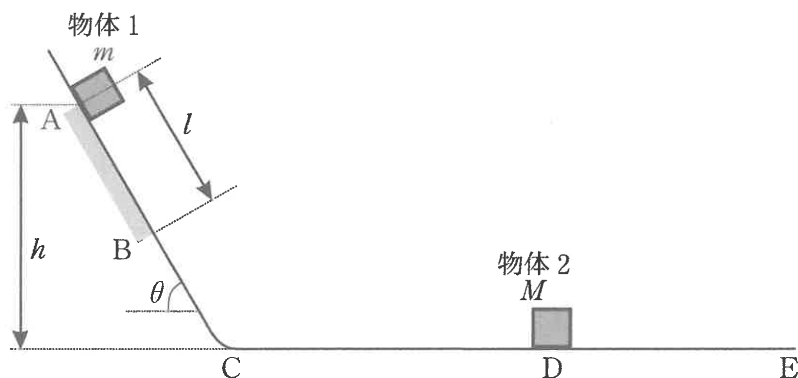


図 2

- (5) 斜面 AB 間での物体 1 の加速度 a を斜面に沿って降りる方向を正として答えなさい。
- (6) 斜面を滑り降りた後の CD 間での物体 1 の速さ v を答えなさい。
- (7) 物体 1, 物体 2 の衝突直後のそれぞれの速度 v_1, v_2 を右向きを正として答えなさい。解答には、衝突前の CD 間での物体 1 の速さ v を使用してもよい。

2

以下の設問に答えなさい。

問 1 図 1 のように、極板間距離が $3d$ の平行板コンデンサーにおいて、極板 1 と極板 2 の間の厚さ d の領域 A, B, C に誘電体を極板と平行となるように挿入し、起電力 V_0 の直流電源に接続した。極板と誘電体の面積を S とする。

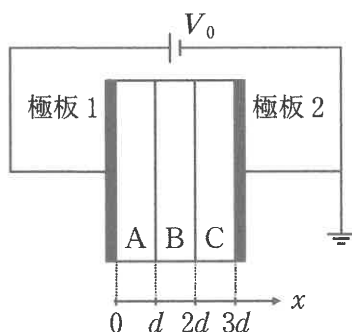


図 1

- (1) 領域 A, B, C の誘電率がすべて等しく ε であるときの平行板コンデンサーの電気容量を答えなさい。なお、解答に使用できる記号は S , d , ε とする。
- (2) 領域 A と C の誘電率が 3ε 、領域 B の誘電率が ε のときの平行板コンデンサーの電気容量を答えなさい。なお、解答に使用できる記号は S , d , ε とする。

- (3) (2)の状態です十分に長い時間が経過した場合を考える。両極板の中心を結ぶ線分上の点の電位を V 、極板 1 からの距離を x とする。 x と V の関係を表すグラフとして最も適当なものを図 2 の(ア)～(オ)のうちから選び記号で答えなさい。

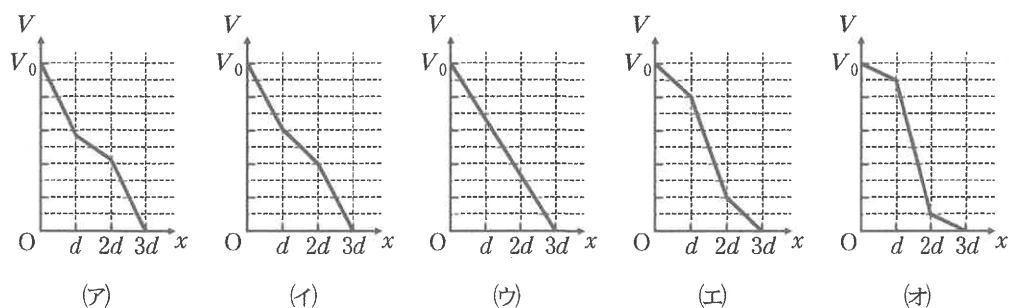


図 2

- (4) (2)の状態から、領域 B の誘電体を帯電していない金属板に入れ替え、十分に長い時間が経過した場合を考える。両極板の中心を結ぶ線分上の点の電場の強さを E とする。 x と E の関係を表すグラフとして最も適当なものを図 3 の(ア)～(オ)のうちから選び記号で答えなさい。

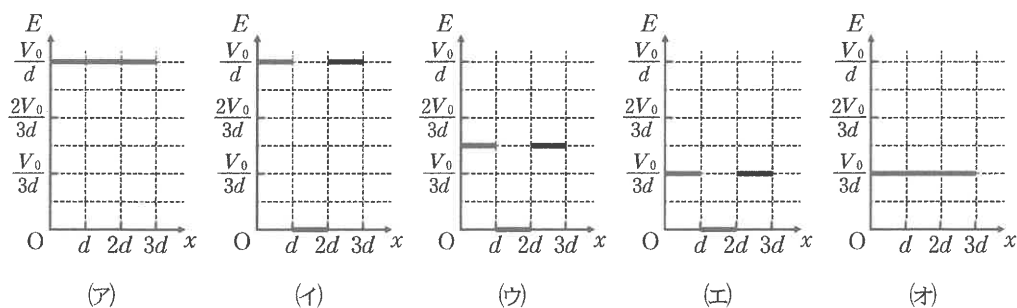


図 3

問 2 図 4 のように起電力が 3.0 V で内部抵抗が無視できる直流電源，抵抗値がそれぞれ 5.0Ω ， 10Ω ， 10Ω の 3 つの抵抗 R_1 ， R_2 ， R_3 ，電気容量が $1.0 \times 10^{-6} \text{ F}$ のコンデンサー C ，スイッチ S_1 ， S_2 からなる回路がある。

(5) スイッチ S_2 が開いており，コンデンサーには電荷が充電されていない状態で，スイッチ S_1 を閉じた。スイッチ S_1 を閉じて十分に長い時間が経過した後，コンデンサーに蓄えられた電気量 Q を答えなさい。

(6) スイッチ S_2 が閉じており，コンデンサーには電荷が充電されていない状態で，スイッチ S_1 を閉じた。スイッチ S_1 を閉じた直後に，抵抗 R_1 と R_2 の各抵抗に流れる電流 I_1 と I_2 を答えなさい。

(7) (6) の操作から十分に長い時間が経過した後，抵抗 R_1 と R_2 の各抵抗に流れる電流 I_1 と I_2 および，コンデンサーに蓄えられた電気量 Q を答えなさい。

(8) (7) の状態になった後，スイッチ S_1 を開いた。スイッチ S_1 を開いてから電流が流れなくなるまでの間に，全抵抗で発生するジュール熱の和を答えなさい。

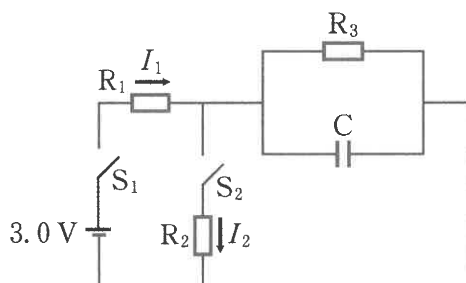


図 4

物理の試験問題は次ページに続く。

- 3 以下の文章中の(ア)～(ト)に入る適切な数式、数値、または語句を答えなさい。なお、(オ)～(ク)、(シ)～(ソ)は a 、 b 、 f のうち必要なものを用いた数式で解答すること。また、同じ解答を複数回用いてもよい。

凸レンズでは、図1と図2のように、物体 AA' から光軸に対して (ア) に入射してくる光は、レンズを通過する際に屈折して、光軸上の焦点 F を通過する。また、もう1つの焦点を F' とし、 $OF = OF'$ であるとする。一方、物体 AA' からレンズの中心 O を通る光は (イ) するとみなせる。

いま、図1のように、レンズの焦点の外側に物体 AA' があるとき、物体から出た光がレンズを通過して集まることにより像 BB' が形成される。このような像は (ウ) と呼ばれる。また、像 BB' は元の物体 AA' と逆方向を向くことから、(エ) と呼ばれる。 $OF = f$ 、 $A'O = a$ 、 $OB' = b$ として、これらの間に成り立つ関係式を考えると、まず、 $\triangle AOA'$ と $\triangle BOB'$ は相似であるから、 $\frac{BB'}{AA'} =$ (オ) である。また、 $\triangle PFO$ と $\triangle BFB'$ が相似であることより、 $\frac{BB'}{PO} =$ (カ) となる。これらの関係と $AA' = PO$ であることより得られる等式の両辺を b で割って移項すれば

$$(キ) = \frac{1}{f} \quad (1)$$

が得られる。また、像 BB' と物体 AA' の大きさの比、つまりレンズの倍率は (ク) となる。

一方、図2のように、物体 AA' がレンズの焦点の内側にあるとき、観察者からレンズ越しに像 BB' が見えるが、これは実際に光が集まってできる像とは異なるので、(ケ) という。虫眼鏡で観察対象を拡大するときに見えるのはこの像に相当する。また、像 BB' は物体 AA' と同じ方向を向くので、(コ) と呼ばれる。 $OF = f$ 、 $A'O = a$ 、 $B'O = b$ として、これらの間に成り立つ関係式を考えると、 $\triangle AOA'$ と $\triangle BOB'$ 、 $\triangle PFO$ と (サ) がそれぞれ相似であることより、 $\frac{BB'}{AA'} =$ (シ) ， $\frac{BB'}{PO} =$ (ス) となり、これらの関係と $AA' = PO$ であることより得られる等式を整理すれば

$$(セ) = \frac{1}{f} \quad (2)$$

が得られる。また、レンズの倍率は (ソ) である。

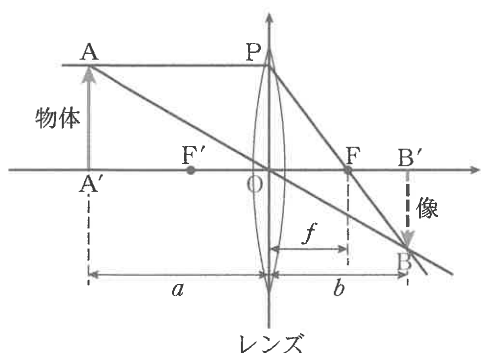


図 1

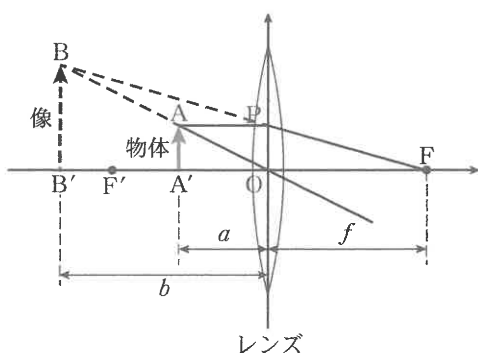


図 2

図 3 のように、光軸を共有した 2 つの凸レンズを組み合わせることを考える。レンズ 1 の焦点距離を f_1 、レンズ 2 の焦点距離を f_2 、2 つのレンズ間の距離を d とし、物体がレンズ 1 の左側にあるとする。

いま、レンズ 1 と物体の距離が a_1 であり、 $f_1 < a_1$ の関係があるとする。このとき、レンズ 1 により物体の (ウ) ができる。レンズ 1 と (ウ) との距離を b_1 とし、さらに、 $b_1 < d$ の関係があるとき、レンズ 2 と (ウ) との距離を a_2 とすれば、 $a_2 =$ (ク) の関係が成り立つ。ここで、 $a_2 < f_2$ であれば、レンズ 2 をその右側から覗く観察者からは、レンズ 1 による (ウ) に対する (ケ) が見えることになる。ここで、レンズ 2 と (ケ) との距離を b_2 とする。物体と (ケ) との大きさの比、つまり、2 つのレンズ全体での倍率は、それぞれのレンズの倍率の積と考え、(チ) となる。以上の関係から、 a_1 を与えれば、(1)、(2) 式の関係を用いて a_2 、 b_1 、 b_2 をそれぞれ計算することができる。たとえば、 $f_1 = 6 \text{ cm}$ 、 $f_2 = 8 \text{ cm}$ 、 $a_1 = 8 \text{ cm}$ 、 $d = 28 \text{ cm}$ であるとき、 $b_1 =$ (ツ) cm 、 $b_2 =$ (テ) cm となるので、レンズ 2 をその右側から覗く観察者からは物体に対する倍率が (ト) 倍の像が見える。

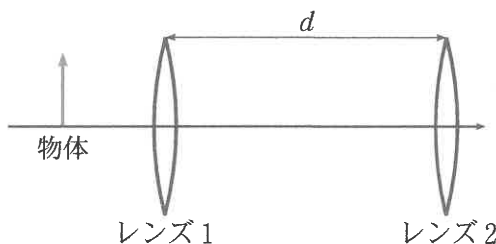


図 3

4 次の文章を読み、以下の設問に答えなさい。

物質質量 n の理想気体が質量の無視できるピストンによって容器内に閉じ込められている。ピストンはなめらかに動かすことも、必要に応じて固定することもできる。容器の内部には体積の無視できる熱交換器が取り付けられており、気体との間で熱の授受ができるようになっているが、容器とピストンは断熱材でできているため熱交換器以外の方法での熱の授受はないものとする。この気体の体積と圧力がそれぞれ $2V_0$ と P_0 の状態を A、 V_0 と P_0 の状態を B、 V_0 と $2P_0$ の状態を C とする。

特に指示がない限り、解答に使用できる記号は n 、 V_0 、 P_0 の他、気体定数 R 、容器内の気体の定積モル比熱 C_V とする。

問 1 熱交換器を使いながら、気体の状態を A から B へゆっくり変化させ、その後 B から C へゆっくり変化させた。この様子を P - V グラフに表したものが図 1 である。

- (1) A から B への状態変化の際に気体がされた仕事を答えなさい。
- (2) B から C への状態変化の際に気体が吸収した熱量を答えなさい。

問 2 図 1 の操作に引き続き、熱交換器を使いながら C から気体をゆっくり状態変化させ、状態を A へ戻したところ、図 2 に示す $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ のサイクルが得られた。これをサイクル I とする。サイクル I では、C から A への過程は P - V グラフ上で直線になっている。

- (3) サイクル I で、1 サイクルの間に気体が外部にする仕事を答えなさい。

問 3 図 1 の操作に引き続き、熱交換器を使いながら C から気体をゆっくり等温変化させ、状態を A へ戻したところ、図 3 に示す $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ のサイクルが得られた。これをサイクル II とする。

- (4) 横軸に体積、縦軸に絶対温度をとったグラフを T - V グラフと呼ぶこととする。サイクル II を T - V グラフに図示しなさい。図示する際、状態 A、B、C がそれぞれどの点に対応するかを明記した上で、サイクルの向きが分かるように矢印を書き入れること。解答用紙に書かれている T_B は状態 B の絶対温度である。
- (5) C から A への過程で気体のした仕事を W_0 として、サイクル II の熱効率を答えなさい。解答には記号 W_0 を使用してよい。

問 4 熱交換器を止めてCから気体をゆっくりと状態変化させ、圧力を P_0 にした。
この状態を D とする。

(6) C から D への状態変化を P - V グラフで正しく表したものはどれか。最も適当なものを図 4 の(ア)~(エ)のうちから選び記号で答えなさい。ただし図 4 において、矢印のついた点線が C から D への状態変化を表すものとし、実線は問 3 における C と A の間の等温変化を表している。

(7) C から D への状態変化で気体がした仕事を答えなさい。ただし、D の体積を V_D として、解答には記号 V_D を使用してよい。

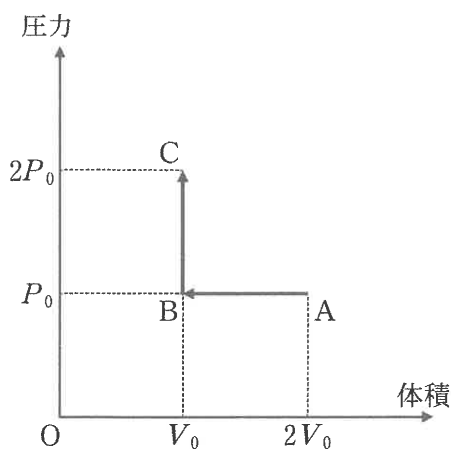


図 1

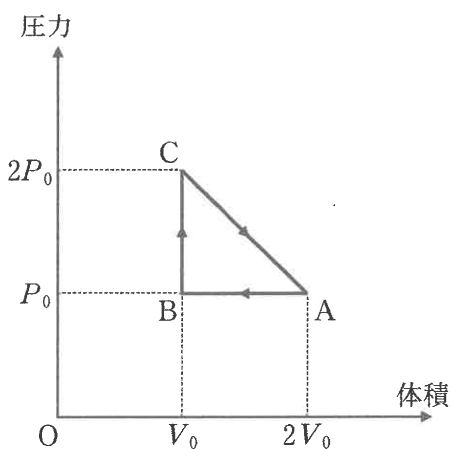


図 2

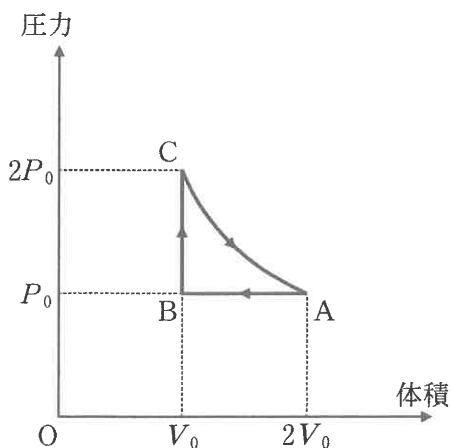


図 3

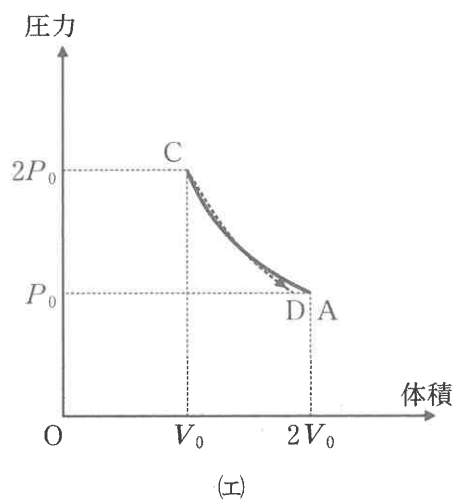
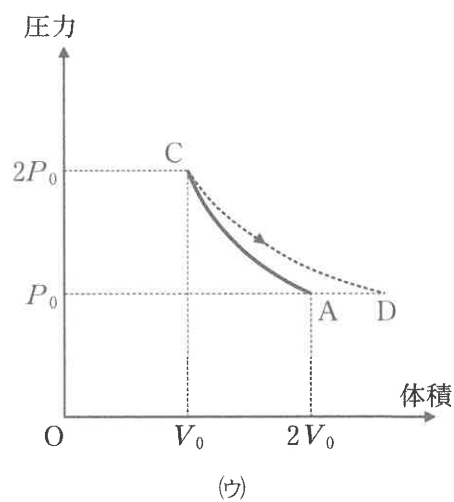
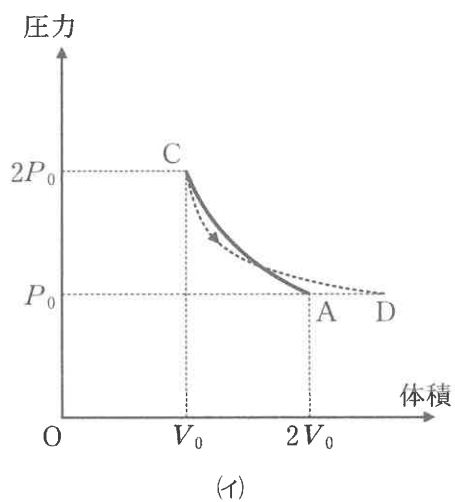
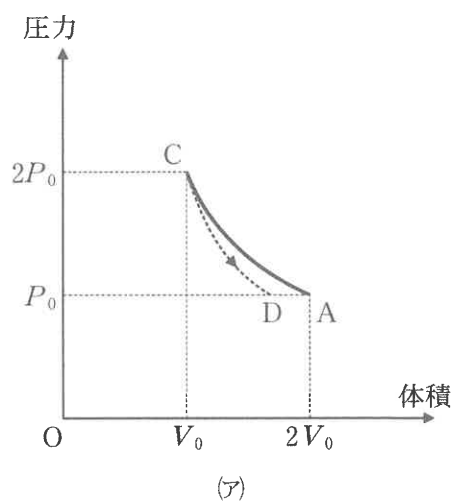


図 4

このページは余白です。

