

## 物理基礎・物理 (その1)

第1問 以下の問い(問1～5)に答えよ。

図1-1のような階段がある。この階段は水平面と鉛直面の組み合わせでできており、水平面の各段は同じ形で、その幅は $a$ 、鉛直面の各段も同じ形で、その高さは $h$ である。各段を0段目、1段目、 $\dots$ 、 $k$ 段目、 $\dots$ と名付け、 $k$ 段目の水平面の左端を $A_k$ 、右端を $B_k$  ( $k=0, 1, 2, \dots$ )とする。

質量 $m$ の小球を0段目の水平面上に置き、水平方向右向きに初速度を与え、その後の運動を観測する。すべての水平面はなめらかであり、空気抵抗は無視できるとする。また、重力加速度の大きさを $g$ とし、小球は同一鉛直面内で運動するものとする。

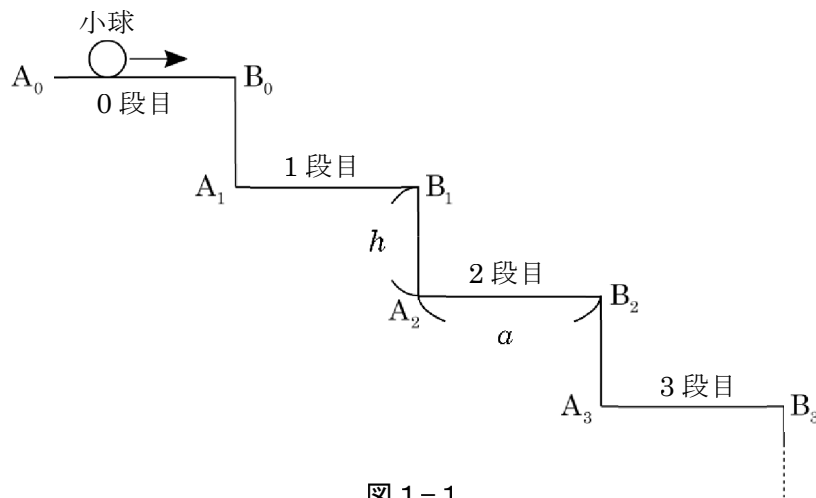


図1-1

まず、小球に水平方向右向きに大きさ $v_0$ の初速度を与えたところ、小球は $B_0$ から飛び出し、図1-2のように1段目の水平面のある位置で1回目の衝突をし、1段目の右端 $B_1$ で2回目の衝突をした。1回目の衝突から2回目の衝突の間の運動における最高点の高さは、1段目の水平面から測って $\frac{1}{2}h$ であった。

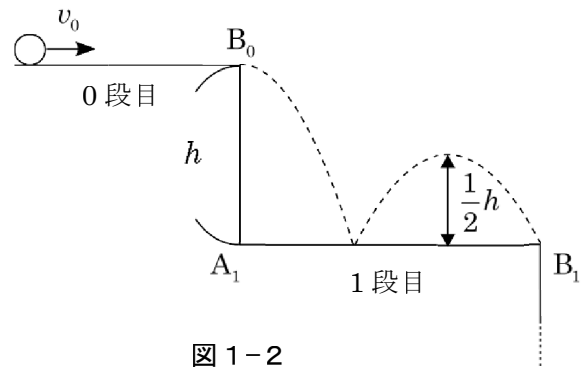


図1-2

問1 小球が $B_0$ から飛び出してから1回目の衝突をするまでにかかる時間を答えよ。

問2 小球と1段目の水平面との間のはね返り係数(反発係数)を答えよ。

問3  $v_0$ を $g$ 、 $a$ 、 $h$ を使って表せ。

## 物理基礎・物理 (その2)

次に、小球に水平方向右向きに大きさ $v$ の初速度を与えたところ、 $B_0$ から飛び出した小球は1段目から $(n-1)$ 段目の水平面には衝突せず、 $n$ 段目の水平面で1回目の衝突をした。

問4  $n$ 段目の水平面で1回目の衝突をする直前の小球の速さを答えよ。

問5 小球が $n$ 段目の水平面で1回目の衝突をするための $v$ の条件は、 $n$ の関数 $f(n)$ を使って、

$$f(n-1) < v \leq f(n)$$

の形で表すことができる。 $f(n)$ を答えよ。答えを求める過程も記述すること。

## 物理基礎・物理 (その3)

第2問 以下の問い(問1～6)に答えよ。

図2-1のように、電気容量  $C$  のコンデンサー、抵抗値  $R$  の抵抗、起電力  $V$  の電池、およびスイッチからなる回路がある。はじめ、スイッチは開いていて、コンデンサーに電荷はたくわえられていない。時刻  $t=0$  にスイッチを閉じ、その後の抵抗に流れる電流  $I$  を調べると、図2-2のような時間変化のグラフが得られた。ただし、電流  $I$  は図2-1の矢印の向きに流れる場合を正とし、導線の抵抗および電池の内部抵抗は無視できるものとする。

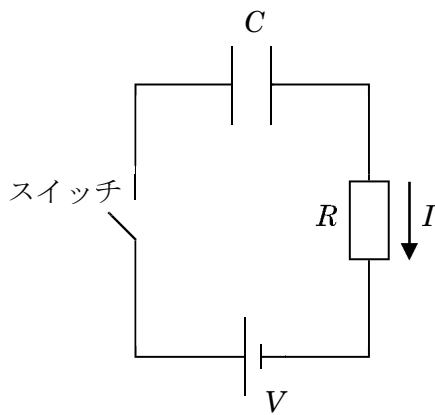


図2-1

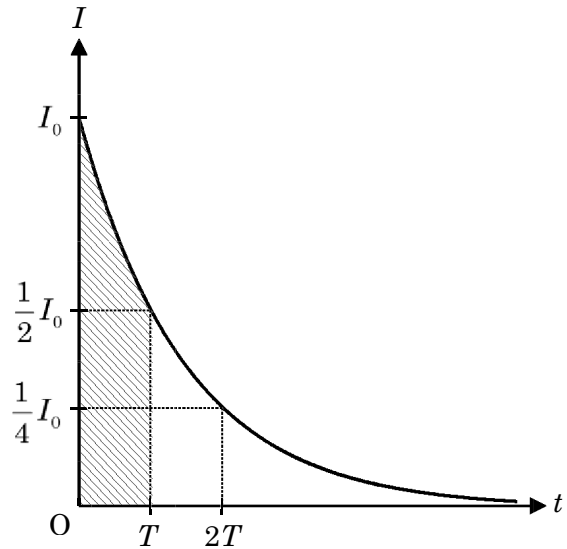


図2-2

問1 スwitchを閉じた直後(時刻  $t=0$ ) の電流  $I$  を  $I_0$  とする。  $I_0$  を答えよ。

以下の問いには、  $I_0$  を使わずに答えよ。

問2 スwitchを閉じてから十分に時間が経過すると、  $I=0$  となった。このとき、コンデンサーにたくわえられている電気量を答えよ。

問3 スwitchを閉じてから十分に時間が経過して  $I=0$  となるまでの間に、抵抗で生じたジュール熱を答えよ。

## 物理基礎・物理 (その4)

スイッチを閉じた後、 $I = \frac{1}{2}I_0$ となる時刻を $t = T$ とする。このとき、 $t = 2T$ では $I = \frac{1}{4}I_0$ となることが知られている。

問4 時刻 $t = T$ に抵抗にかかる電圧を答えよ。

問5  $0 \leq t \leq 2T$ において、コンデンサーにたくわえられる電気量 $Q$ の時刻 $t$ に対する変化の様子を表すグラフを解答欄に描け。縦軸を $Q$ 、横軸を $t$ とし、 $t = 0$ 、 $t = T$ 、および $t = 2T$ における $Q$ の値を書き込むこと。

問6 図2-2の斜線部分( $I$ の曲線と、縦軸、横軸、および直線 $t = T$ で囲まれた図形)の面積を答えよ。

## 物理基礎・物理 (その5)

第3問 以下の問い(問1～3)に答えよ。

図3のように、焦点距離が20 cmの凸レンズ $L_1$ と物体Pが $x$ 軸上に置かれている。 $x$ 軸は凸レンズ $L_1$ の光軸と一致するようにとり、図3の右向きを正とする。また、物体Pが置かれている位置を原点Oとし、物体Pは原点Oに固定し動かさないものとする。凸レンズ $L_1$ を置く位置の $x$ 座標を $x_1$ [cm]で表し、物体Pやレンズの $x$ 軸方向の厚みは考えない。数値は小数点以下を四捨五入して整数値で答えること。

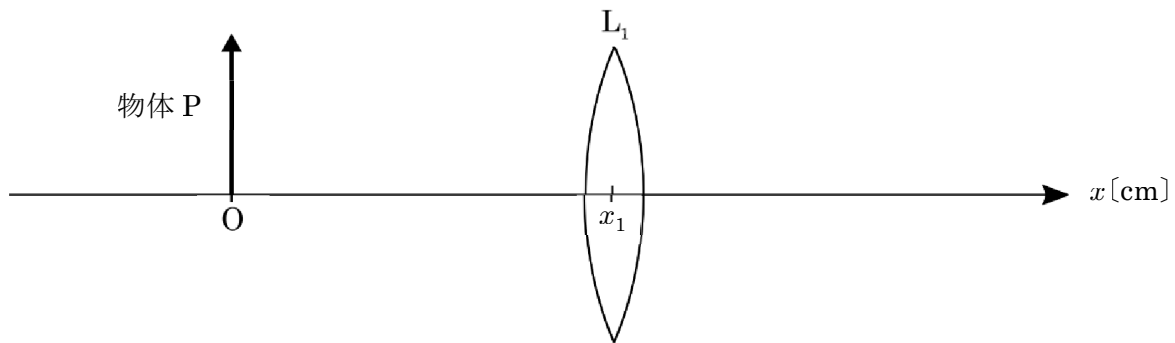


図3

問1 凸レンズ $L_1$ の位置を $x_1 = 30$  cmとした場合、できる像の位置の $x$ 座標を答えよ。

問2 凸レンズ $L_1$ の位置を $x_1 = 10$  cmとした場合、できる像の位置の $x$ 座標を答えよ。

問3 凸レンズ $L_1$ を $x_1 > 0$ のある位置に置くと、物体Pの4倍の大きさの実像ができる。できる像の位置の $x$ 座標を答えよ。

## 物理基礎・物理 (その6)

第4問 以下の問い(問1~5)に答えよ。

図4のように、断熱材でできた断面積  $S$  の容器を鉛直に置き、その内部を断熱材でできた質量  $m$ 、断面積  $S$  のピストンで仕切る。ピストンより上部の空間を A 室、下部の空間を B 室とする。B 室には大きさと熱容量の無視できるヒーターが取り付けられている。A 室と B 室のそれぞれに物質量  $n$  の単原子分子理想気体(以下、単に気体という)を入れたところ、A 室、B 室の高さがともに  $L$  となる位置でピストンが静止した。また、このときの A 室内の気体の圧力は  $p_1$  であった。この状態を状態 I とする。気体定数を  $R$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とし、ピストンと容器内壁との間の摩擦は無視できるものとする。

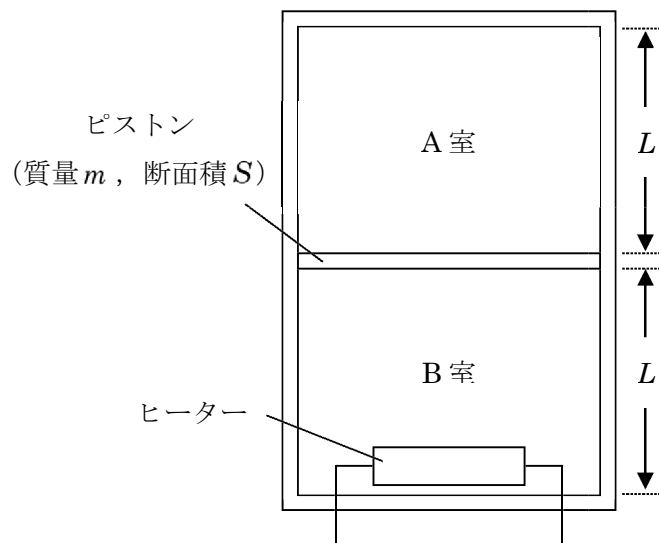


図4

問1 状態 I における B 室内の気体の圧力を答えよ。

問2 状態 I における B 室内の気体の絶対温度を答えよ。

## 物理基礎・物理 (その7)

ヒーターを作動させると、ピストンはゆっくりと上昇した。ピストンが $\frac{1}{2}L$ だけ上昇したところでヒーターを停止すると、その位置でピストンは静止した。このときのA室内の気体の圧力は $p_2$ であった。この状態を状態Ⅱとする。

問3 状態ⅡにおけるB室内の気体の絶対温度を答えよ。

問4 状態Ⅰから状態Ⅱまでの過程でB室内の気体がした仕事を答えよ。

問5 状態Ⅰから状態Ⅱまでの過程でB室内の気体が吸収した熱量を答えよ。