

# 令和3年度 個別学力試験問題

## 理 科 (120分)

●総合選抜

理系Ⅰ，理系Ⅱ，理系Ⅲ

●学類・専門学群選抜

人間学群 (教育学類，心理学類，障害科学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類，生物資源学類，地球学類)

※生物資源学類，地球学類で地理歴史を選択する者は，  
地理歴史と理科1科目を合わせて120分

理工学群 (数学類，物理学類，化学類，応用理工学類，  
工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

医学群 (医学類，医療科学類)

(看護学類) ※1科目選択で60分

### 目 次

物	理	.....	1
化	学	.....	13
生	物	.....	26
地	学	.....	41

### 注 意

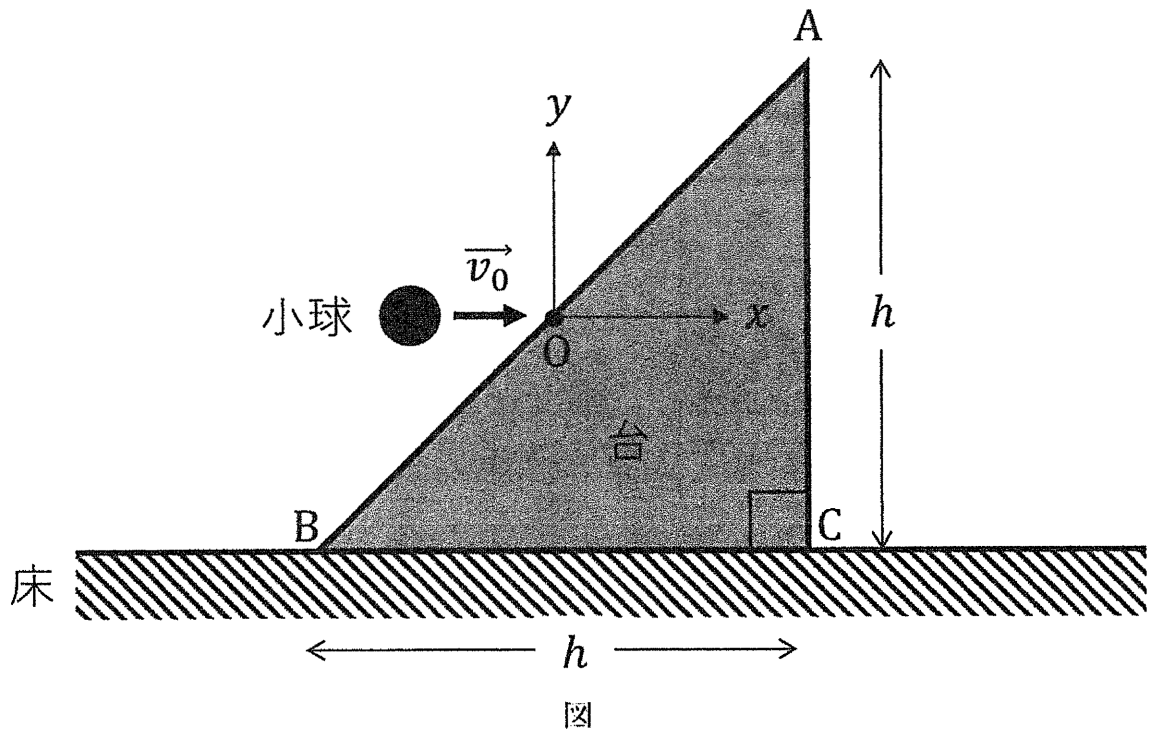
1. 問題冊子は1ページから47ページまでである。
2. 受験者は下表を確認し，志望する学類の出題科目を解答すること。

選 抜 区 分・学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
総合選抜					
学類・専門学群選抜	理系Ⅰ 物理学類 応用理工学類 工学システム学類	◎	○	○	◎印の物理は必須，○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	化学類	○	◎	○	◎印の化学は必須，○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	生物資源学類 地球学類	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
総合選抜	理系Ⅱ 理系Ⅲ	○	○	○	
学類・専門学群選抜	生物学類 情報科学類	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	医療科学類	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	教育学類 心理学類 障害科学類	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	看護学類	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答

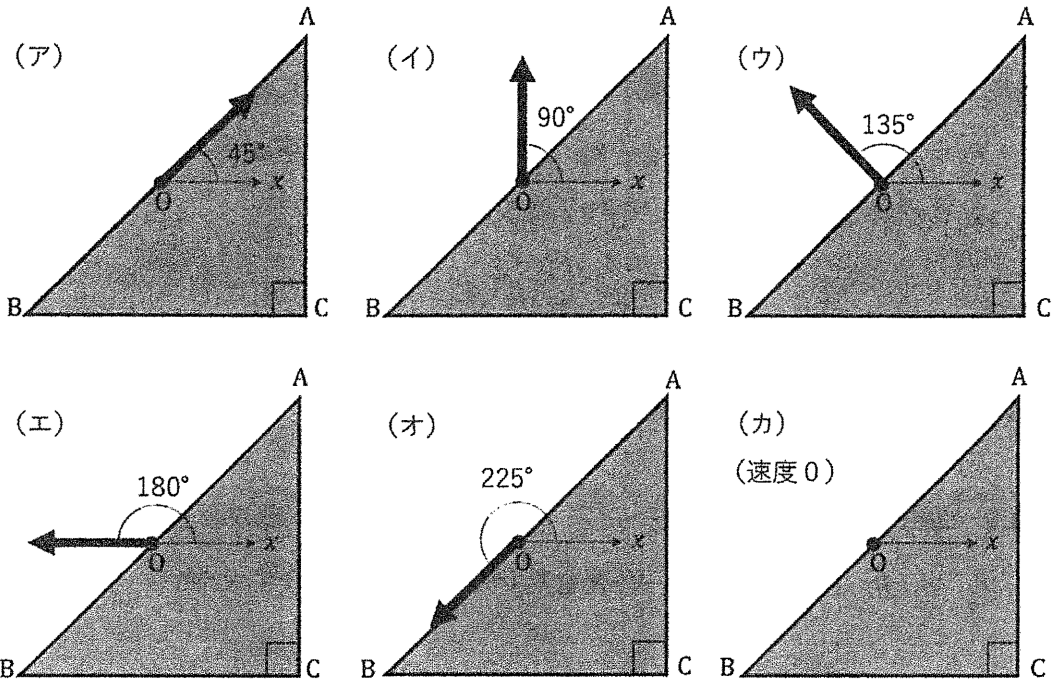
# 物 理

I 図のように、直角二等辺三角形 ABC を断面にもつ台が水平な床に固定されている。線分 AB の中点を原点 O、水平方向を  $x$  軸とし右向きを正、鉛直方向を  $y$  軸とし上向きを正とする。点 A, B, C, O は  $x-y$  平面内にあり、点 A の床からの高さを  $h$  とする。

大きさの無視できる質量  $m$  の小球が、図のように速度  $\vec{v}_0$  で原点 O において斜面に衝突した場合の小球の運動を考える。 $\vec{v}_0$  の  $x$  成分を  $v_0$ 、 $y$  成分を 0 とし、小球は  $x-y$  平面内を運動する。斜面は滑らかであり、小球と斜面の間の反発係数を  $e$  とする。重力加速度の大きさを  $g$  とし、空気抵抗は無視できるとして以下の問いに答えよ。解答は全て解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入せよ。



問 1 反発係数  $e$  が 0 および 1 の場合の、衝突直後の小球の速度の向きを太矢印で示した図として正しいものを以下の(ア)~(カ)からそれぞれ一つ選べ。



次に、 $0 < e < 1$  の場合を考える。この場合、小球は斜面と衝突後に跳ね返り、その後、斜面もしくは床に到達した。以下では、衝突の瞬間から、小球が斜面もしくは床に到達するまでの運動を考える。

問 2 衝突前の速度  $\vec{v}_0$  を斜面に平行な成分  $\vec{v}_{\parallel}$  と斜面に垂直な成分  $\vec{v}_{\perp}$  に分解して  $\vec{v}_0 = \vec{v}_{\parallel} + \vec{v}_{\perp}$  とするとき、 $\vec{v}_{\parallel}$  と  $\vec{v}_{\perp}$  の  $x$  成分と  $y$  成分を  $m, h, e, g, v_0$  の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。

問 3 斜面と衝突直後の小球の速度を  $\vec{v}'$  とする。 $\vec{v}'$  の  $x$  成分と  $y$  成分を  $m, h, e, g, v_0$  の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。

問 4 衝突の時刻を  $t = 0$  として、時刻  $t$  における小球の  $x$  座標と  $y$  座標を  $m, h, e, g, v_0, t$  の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。

問 5 衝突後の小球の運動の軌跡を、定数  $a$  と  $b$  を用いて  $y = ax + bx^2$  の形で表す。 $a$  と  $b$  を  $m, h, e, g, v_0$  の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。

問 6 衝突後の小球が斜面と接触することなく点 A を越えて、台の右側の床に到達するためには、 $v_0$  はある速さ  $V$  より大きくなければならない。 $V$  を  $m, h, e, g$  の中から必要なものを用いて表せ。

(次ページに問題Ⅱがあります。)

Ⅱ 真空中に、一辺  $L$  (m) の正方形のうすい金属板 2 枚が  $L$  より十分小さい間隔  $d$  (m) で並んだ平行板コンデンサーが置かれている。図 1 に示すように座標軸  $x$ ,  $y$ ,  $z$  をとり、原点を  $O$  とする。金属板は  $z$  軸に垂直で、その中心は  $z$  軸上にある。金属板の各辺は、 $x$  軸、 $y$  軸に平行である。下側の金属板は  $z = 0$  の位置にあり、接地されている。図 1 のように、コンデンサーに電圧  $V_0$  (V) の直流電源を接続し、スイッチ  $S$  を閉じて十分時間をおいた後にスイッチ  $S$  を開いた。真空の誘電率は  $\epsilon_0$  (F/m) とする。以下の問いでは金属板の周辺部の影響は常に無視できるものとする。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入し、問 2 のオ、カ、問 3 のキ、クについては考え方の要点も記入すること。

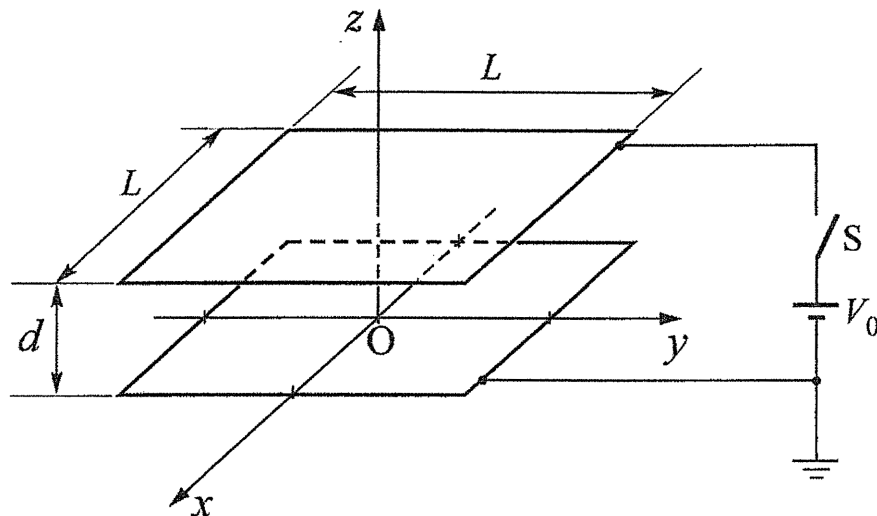


図 1

問 1 以下の文章中の  を  $L$ ,  $d$ ,  $V_0$ ,  $\epsilon_0$  の中から必要なものを用いて式で埋めよ。

このコンデンサーの電気容量は  ア  (F) である。上側の金属板に蓄えられた電気量は  イ  (C) であり、金属板間の電場の強さは  ウ  (V/m) である。また、コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーは  エ  (J) である。

問 2 次に、図 2 に示すように、スイッチ S は開いたまま、平行板コンデンサーの極板間に、誘電体(比誘電率  $\epsilon_r$ 、ただし  $\epsilon_r > 1$ )もしくは導体を、金属板と平行に挿入した。誘電体もしくは導体は、厚さが  $d/2$  [m] の直方体であり、その上面および下面は一辺が  $L$  [m] の正方形である。下面の各辺は  $x$  軸、 $y$  軸に平行であり、その中心は  $x = 0$ 、 $y = 0$ 、 $z = d/4$  [m] に位置する。このときのコンデンサーの金属板間の電位および電場に関し、以下の問いに答えよ。

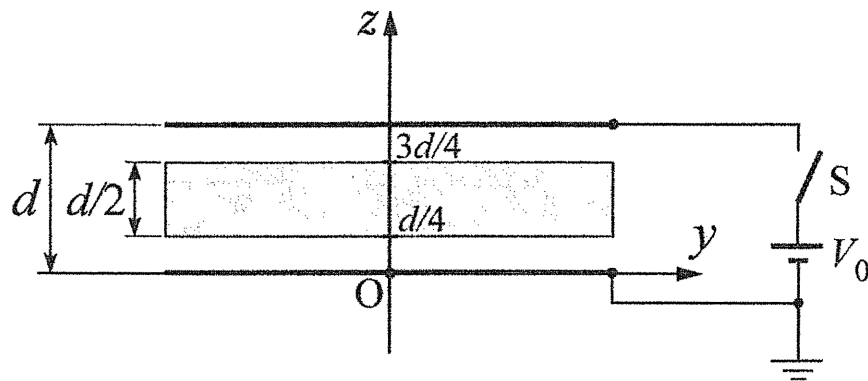


図 2

(a) 誘電体を挿入した場合と導体を挿入した場合のそれぞれについて、金属板間における電位もしくは電場の強さと、 $z$  座標との関係を表すグラフの概形としてふさわしいものを図3の①～⑫の中からそれぞれ選び、解答用紙の表にその番号を書け。ただし、図3の縦軸は電位もしくは電場の強さを表し、縦軸の下端は0である。電場は上側の金属板から下側の金属板への向き ( $z$  軸の負の方向) を正とする。

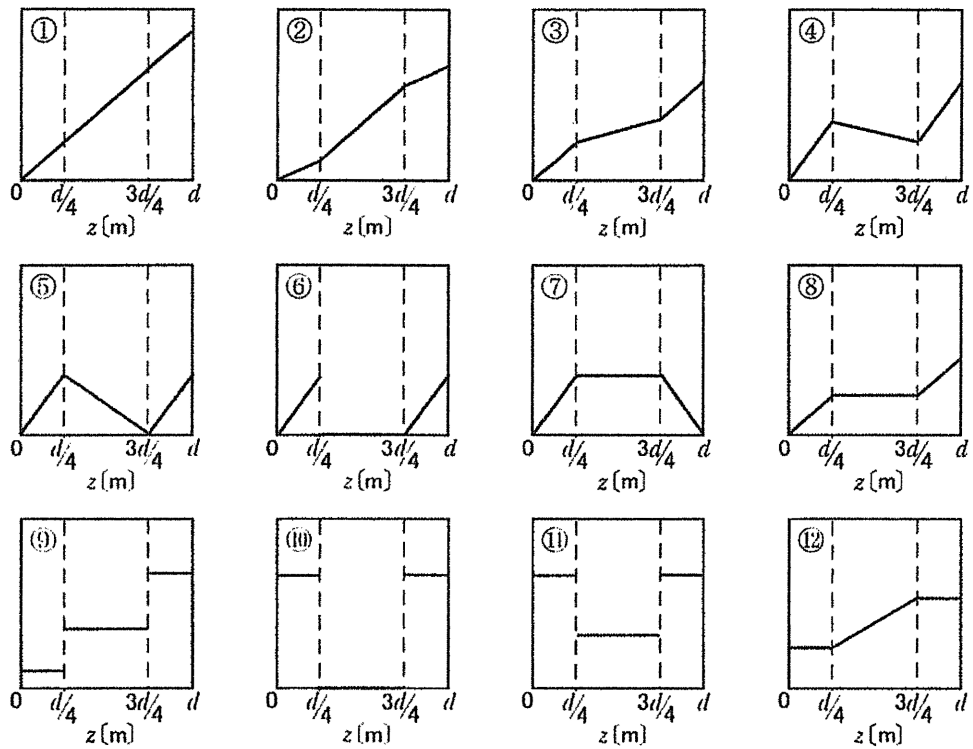


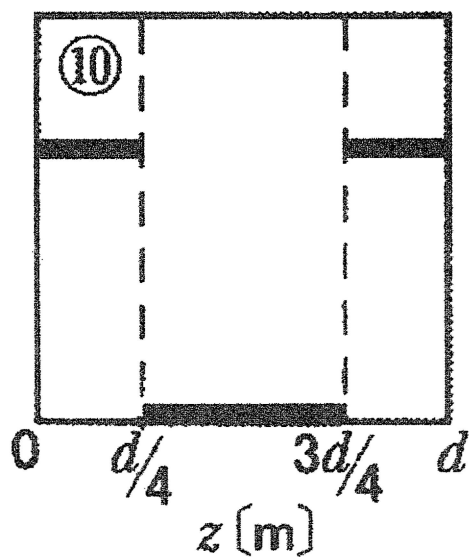
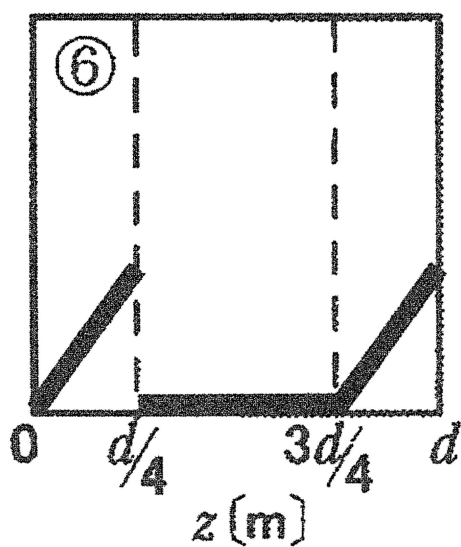
図3

(b) 以下の文章中の  を  $L$ ,  $d$ ,  $V_0$ ,  $\epsilon_0$ ,  $\epsilon_r$  の中から必要なものを用いて式で埋めよ。

上側の金属板の電位は、誘電体を挿入した場合は  [V]、導体を挿入した場合は  [V] となる。



## 補足説明



上図は、問題冊子7ページ図3の⑥と⑩のグラフの線を太く描いたものであり、 $z$  (m)が  $d/4$  から  $3d/4$  の間の縦軸の値は0である。

問 3 問 2 の誘電体を入れた状態から，スイッチ S を閉じ，誘電体の位置を  $y$  軸の負の向きに  $L/2$  (m) 動かし，十分な時間をおいた。(図 4)

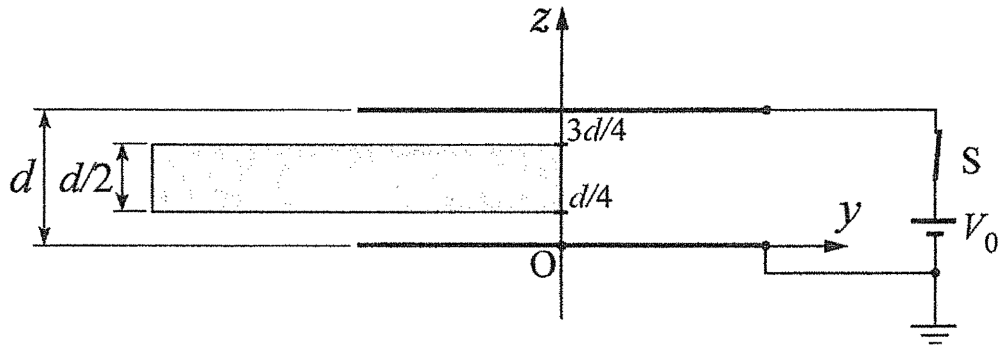


図 4

以下の文章中の  を  $L, d, V_0, \epsilon_0, \epsilon_r$  の中から必要なものを用いて式で埋めよ。ただし，極板間の電場は，つねに  $z$  軸に平行とみなせるものとする。

このコンデンサーの電気容量は  キ [F] であり，コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーは  ク [J] である。

Ⅲ 図1に示されるような、底面の面積が  $S[\text{m}^2]$  で底面からの長さが  $L[\text{m}]$  のシリンダーと、質量が  $M[\text{kg}]$  で厚みの無視できる滑らかに動くピストンからなる装置を考える。シリンダーとピストンを通しての熱の出入りはないものとする。この装置の中に物質量が  $1 \text{ mol}$  の単原子理想気体 A を封入した。装置内部にはヒーターがついており、気体 A の温度を調節することができる。装置は大気中に設置されるものとし、大気圧を  $P_0[\text{Pa}]$ 、重力加速度の大きさを  $g[\text{m/s}^2]$ 、気体定数を  $R[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$  とする。気体に働く重力とヒーターの体積は無視できるものとする。以下の問いに答えよ。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入せよ。また、問3については考え方や計算の要点も記入せよ。

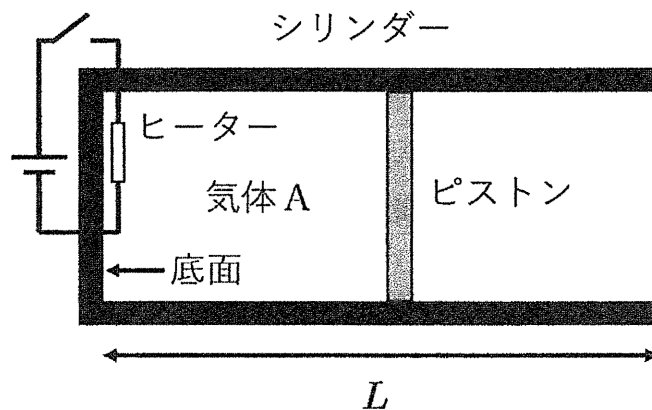


図1

問 1 以下の文中の  と  に当てはまる数値を答えよ。

図 2 に示されるように、装置を水平な面の上に置き、ピストンをシリンダーに固定した場合を考える。気体 A の温度は最初  $T_0$  [K] であった。温度が  $2T_0$  [K] になるまで気体 A をゆっくりと加熱すると、加熱後の気体 A の圧力は、加熱前の  倍になっている。また、この加熱の前後での気体 A の内部エネルギーの変化量は、  $\times RT_0$  [J] で与えられる。

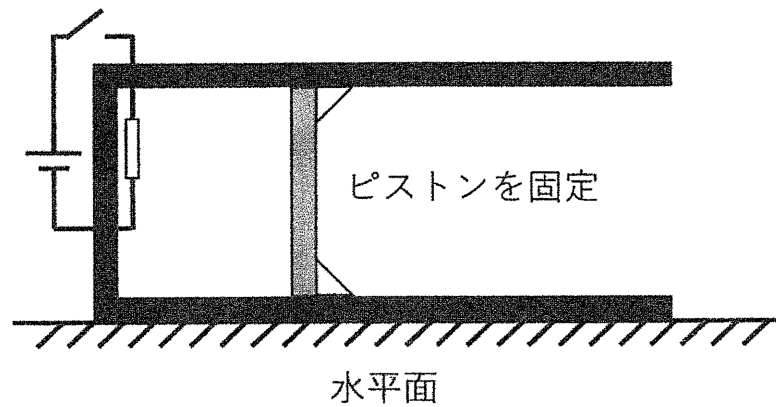
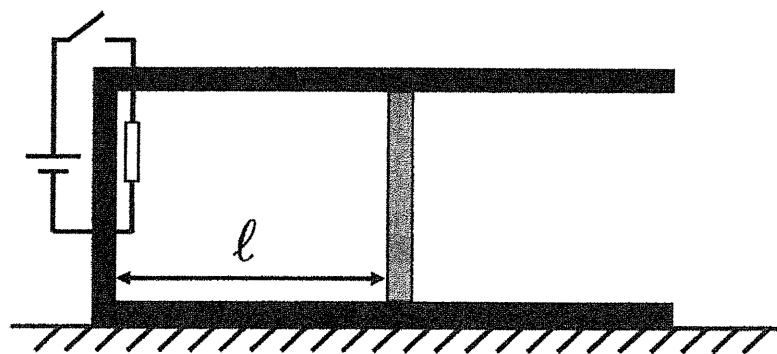


図 2

問 2 以下の文中の  と  に当てはまる量を答えよ。解答には  $S, L, M, P_0, g, R$  および以下の文中で導入される  $l$  のうち必要なものを用いること。

装置を水平な面の上に置き、ピストンを固定しない場合を考える。気体 A をゆっくりと加熱し、図 3 に示すように、ピストンとシリンダー底面の距離が  $l$  [m] になったとき加熱をやめた。このとき、気体 A の圧力  $P$  と温度  $T$  はそれぞれ、 $P =$   [Pa],  $T =$   [K] である。



水平面

図 3

問 3 以下の文中の  ~  に当てはまる量を答えよ。解答には  $S, L, M, P_0, g, R$  と、問 2 の文中で導入された  $l$  および以下の文中で導入される  $\theta$  のうち必要なものを用いること。

図 4 のように、水平面からの角度が  $\theta$  となるように傾斜をつけて装置を設置した場合を考える。ピストンは固定されておらず、シリンダーの底面と垂直な方向に滑らかに動くものとする。ヒーターを用いて気体 A の温度を問 2 における温度  $T$  に保ったとき、図 4 に示すように、ピストンはシリンダーの底面から  $l'$  [m] の位置にあったとする。この場合の気体 A の圧力は  [Pa] である。また、 $l' =$   [m] である。その後ヒーターで気体 A を加熱し、温度を  $T$  からゆっくりと上げていくと、ある温度  $T'$  でピストンがシリンダー外部に出た。このとき  $T' =$   [K] である。温度が  $T$  から  $T'$  まで変化するこの過程において、ヒーターから発生した熱量  $Q$ 、気体 A がした仕事  $W$ 、気体 A の内部エネルギーの変化量  $\Delta U$  はそれぞれ  $Q =$   [J]、 $W =$   [J]、 $\Delta U =$   [J] である。

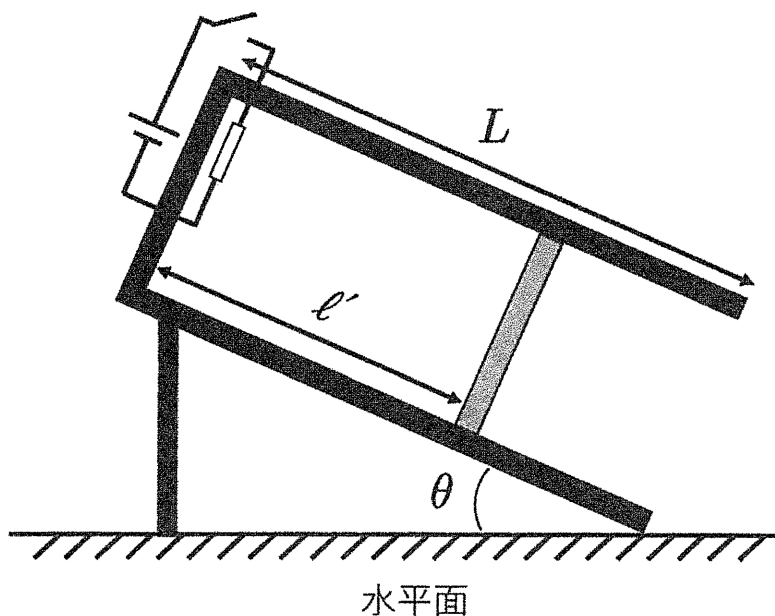


図 4