

デザイン工学部A方式I日程・理工学部A方式I日程  
生命科学部A方式I日程

## 3 限 理 科 (75分)

科 目	ページ
物 理	2～9
化 学	10～16
生 物	18～23

## 〈注意事項〉

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
3. **生物**は生命科学部(生命機能学科)を志望する受験生のみ選択できる。デザイン工学部(都市環境デザイン工学科・システムデザイン学科)、理工学部(機械工学科機械工学専修・応用情報工学科)を志望する受験生は選択できない。
4. 試験開始後の科目の変更は認めない。

# (物 理)

注意 解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入すること。

解答用紙の計算欄は、解答を導くために必要な式や計算のメモに使用してよい。

〔I〕 つぎの文の  に入れるべき数式を解答欄に記入せよ。なお、重力加速度の大きさを  $g$  とする。

図1に示すように、質量  $3m$  の台車が、その水平な上面に質量  $m$  の小物体をのせて、摩擦のない水平台の上におかれている。台車の上面と小物体との間の静止摩擦係数は  $\mu$ 、動摩擦係数は  $\mu'$  である。この台車に伸び縮みしない軽い糸をつけ、水平に引いた糸をなめらかな小滑車に通しておもりをつり下げ、手で支えた。

おもりの質量が  $4m$  であったとき、静かに手をはなすと台車と小物体は一体となって動きはじめた。台車の水平台に対する加速度の大きさは  1  ，糸の張力の大きさは  2  ，小物体に働く摩擦力の大きさは  3  である。

おもりの質量を  $M$  に変えて、静かに手をはなしたところ、おもりの降下と同時に、小物体は台車の上をすべりだした。小物体の水平台に対する加速度の大きさは  4  ，台車の水平台に対する加速度の大きさは  5  である。

質量  $M$  のおもりによってこの小物体が台車の上をすべりだすために、与えられた静止摩擦係数  $\mu$  のもとで  $M$  が満たすべき条件を考える。小物体に働く静止摩擦力のとりうる最大値は  6  である。このことから小物体がすべりだすのは、おもりの質量  $M$  が小物体の質量  $m$  の  7  倍よりも大きい場合である。

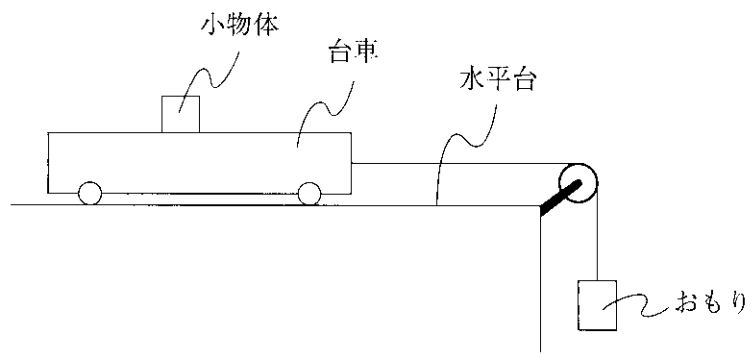


図1

〔Ⅱ〕 つぎの文の  に入れるべき数式を解答欄に記入せよ。ただし、クーロンの法則の比例定数を  $k$ 、無限遠における電位を 0 とする。

図 2-1 に示すように、真空中の  $xy$  平面上において、電気量  $Q_1$  ( $Q_1 > 0$ ) の点電荷を点  $A(1, 0)$  に固定した場合、原点  $O$  における電界 (電場) の強さは  (a) , 点  $C(0, 3)$  における電位は  (b) となる。つぎに、図 2-2 に示すように、図 2-1 に対して電気量  $Q_2$  ( $Q_2 > 0$ ) の点電荷を点  $B(-2, 0)$  に追加して固定した場合、原点  $O$  における電界の  $x$  方向の成分は  (c) , 点  $C$  における電位は  (d) となる。さらに、図 2-3 に示すように、図 2-2 に対して電気量  $-Q_3$  ( $Q_3 > 0$ ) の点電荷を原点  $O$  に追加して固定した場合、電気量  $-Q_3$  の点電荷に作用する静電気力の  $x$  方向の成分は  (e) となる。図 2-3 において、各点電荷に作用する静電気力がつりあったとき、 $Q_2$  と  $Q_3$  を  $Q_1$  を用いて表すと  $Q_2 =$   (f) ,  $Q_3 =$   (g) となる。

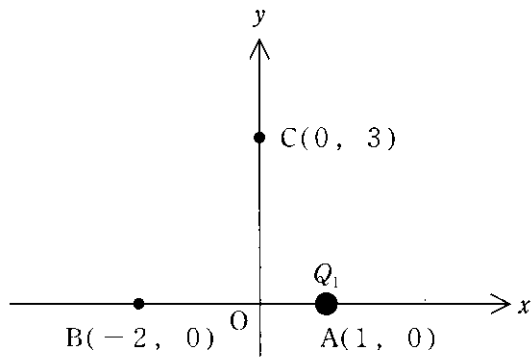


图 2-1

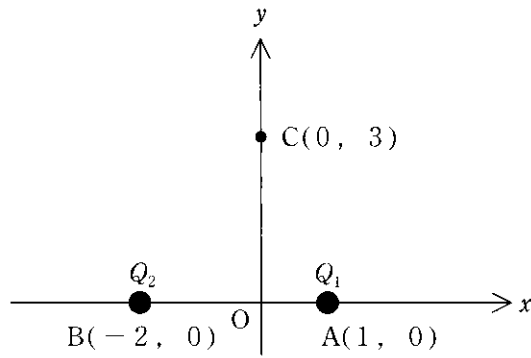


图 2-2

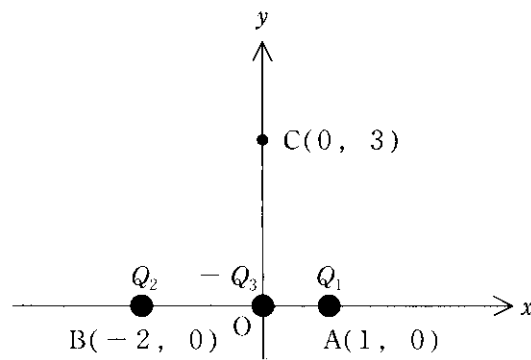


图 2-3

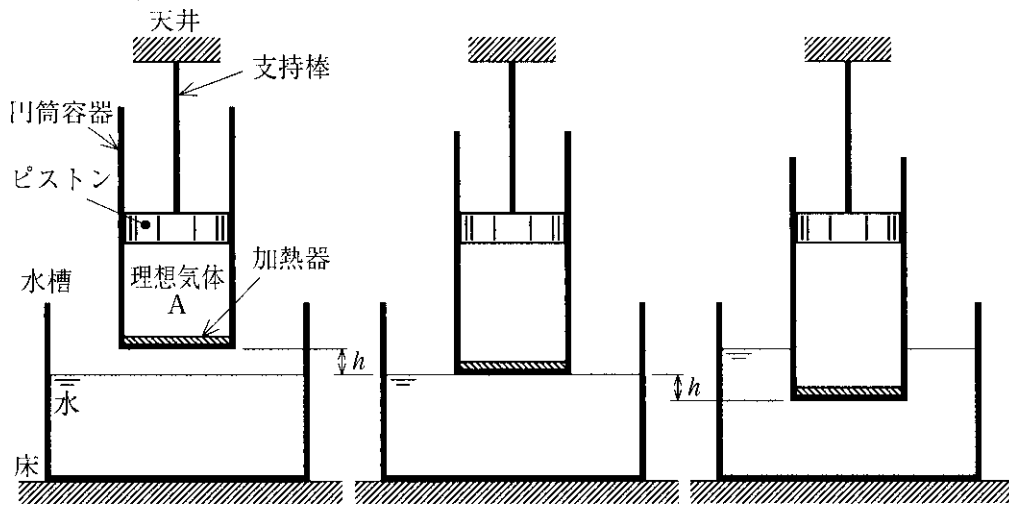
〔Ⅲ〕 つぎの文の  に入れるべき数式を解答欄に記入せよ。

図3-1のように、大気圧  $P_0$  中に支持棒で天井に固定されたピストンに対して、鉛直方向になめらかに動く断面積  $S$  の円筒容器が静止している。円筒容器の中には1モルの単原子分子の理想気体Aが閉じ込められており、その底には質量  $M$  の加熱器が取り付けられている。床には底面積  $2S$  の円筒状の水槽が置かれており、その中には密度  $\rho$  の水が入っている。円筒容器とピストンは断熱材でできており、また円筒容器の壁の厚みと質量は無視できるものとする。理想気体の気体定数を  $R$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とする。

はじめに図3-1のように、円筒容器の下面は水面からはなれた位置で静止している。このときのAの圧力は  $P_1$ 、体積は  $V_1$ 、絶対温度は  $T_1$  であった。 $P_1$  を  $R, T_1, V_1$  で表すと  (1)  ,  $M$  を  $g, P_0, P_1, S$  で表すと  (2)  となる。

つぎに図3-2のように、Aに熱量  $Q_1$  をゆっくりと加えると円筒容器が  $h$  だけ降下し、その下面は水面と一致し、Aの絶対温度は  $T_2$  になった。 $h$  を  $S, T_1, T_2, V_1$  で表すと  (3)  となる。この過程でAの内部エネルギーの変化を  $h, P_1, S$  で表すと  (4)  , Aが外部にした仕事を  $Q_1$  で表すと  (5)  となる。

さらに図3-3のように、Aに熱量  $Q_2$  をゆっくりと加えると円筒容器が  $h$  だけ降下し、Aの圧力は  $P_2$ 、絶対温度は  $T_3$  になった。 $P_2$  を  $P_1, h, g, \rho$  で表すと  (6)  となるので、この過程の圧力  $P$  を縦軸に、体積  $V$  を横軸にとった  $P$ - $V$  図のグラフの傾きは  $g, S, \rho$  で表すと  (7)  となる。この過程でAが外部にした仕事を  $P_1, g, h, S, \rho$  で表すと  (8)  となる。



[IV] 図4-1は、焦点距離 $f$ の薄い凸レンズと小物体からなる光学系である。図に示すようにレンズの光軸上に $x$ 軸をとる。小物体は $x=0$ の位置に $x$ 軸に対して垂直に置かれている。レンズは $x$ 軸上を $x>0$ の範囲で動かすことができる。

- (イ) 小物体の実像ができるためのレンズの位置 $x$ の満たすべき条件を式で表せ。
- (ロ) レンズの位置が $x=x_0$ において実像ができたときの倍率(像が物体の何倍になったかを表す量)を $x_0$ と $f$ を用いて表せ。

図4-2は、図4-1の光学系にさらにスクリーンをレンズの右側 $x=S$ の位置に、 $x$ 軸に対して垂直に置いたものである。レンズを小物体に接する位置からスクリーンに向かって動かしていくとき、実像が2度スクリーン上に観測された。1回目に実像が観測されたときのレンズの位置を $x=x_1$ 、2回目よりのときのレンズの位置を $x=x_2$ とする。

- (ハ) 実像が2度観測されるためのスクリーンの位置 $S$ の満たすべき条件を $f$ を用いて式で表せ。
- (ニ) 1回目の像の倍率 $m_1$ と2回目の像の倍率 $m_2$ を $x_1, x_2$ を用いて表せ。

図4-3は、光軸が同じ2つの薄い凸レンズと小物体からなる光学系である。レンズの光軸上に $x$ 軸をとり、小物体を $x=0$  cmの位置に $x$ 軸に対して垂直に固定し、焦点距離3 cmの凸レンズAを $x=4$  cmの位置に置く。さらに焦点距離 $F$  [cm]の凸レンズBを置き、レンズAによってできる実像をレンズBの右側から虚像として観測することを考える。

- (ホ)  $x$ 軸上のレンズBの位置を $x=x_3$  [cm]とするとき、虚像として観測可能な $x_3$ の範囲を式で表せ。
- (ヘ) 虚像が $x=0$  cmの位置にできるためのレンズBの位置を $F$ を用いて表せ。
- (ト) 虚像が $x=0$  cmの位置にでき、その大きさが小物体の大きさの9倍となるとき、AとBのレンズ間の距離を求めよ。





図 4 - 1

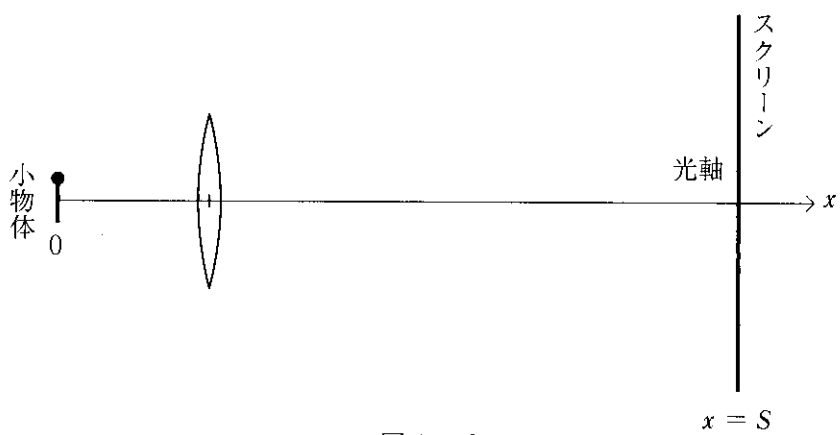


図 4 - 2

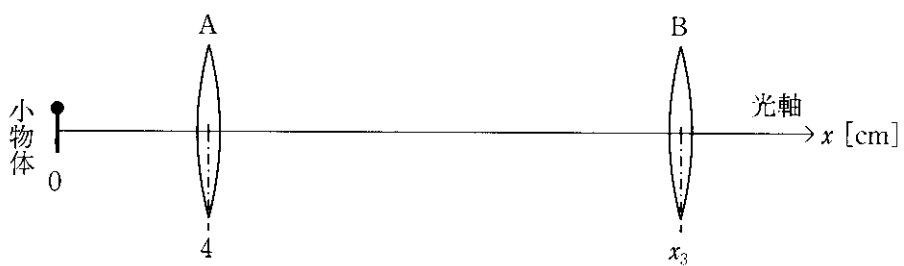


図 4 - 3