

# 入学試験問題

## 理科



(配点 120 点)

平成 16 年 2 月 26 日 9 時 30 分—12 時

### 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- 2 この問題冊子は全部で 73 ページあります(本文は物理 4～15 ページ, 化学 16～35 ページ, 生物 36～61 ページ, 地学 62～73 ページ)。落丁, 乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 解答には, 必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用しなさい。
- 4 解答は, 1 科目につき 1 枚の解答用紙を使用しなさい。
- 5 物理, 化学, 生物, 地学のうちから, あらかじめ届け出た 2 科目について解答しなさい。
- 6 解答用紙の指定欄に, 受験番号(第 1 面 2 箇所, 第 2 面 1 箇所), 科類, 氏名を記入しなさい。指定欄以外にこれらを記入してはいけません。
- 7 解答は, 必ず解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。記入箇所を誤った解答は, その解答に限り無効とします。
- 8 解答用紙第 1 面上方の指定された( )内に, その用紙で解答する科目名を記入しなさい。
- 9 解答用紙第 1 面の上部にある切り取り欄のうち, その用紙で解答する科目の分を 1 箇所だけ正しく切り取りなさい。
- 10 解答用紙の解答欄に, 関係のない文字, 記号, 符号などを記入してはいけません。また, 解答用紙の欄外の余白には, 何も書いてはいけません。これらに違反した答案は, 無効とします。
- 11 この問題冊子の余白は, 草稿用にも使用してもよいが, どのページも切り離してはいけません。
- 12 解答用紙および問題冊子は, 持ち帰ってはいけません。

受験番号						
------	--	--	--	--	--	--

上欄に受験番号を記入しなさい。

# 物 理

第1問 図1—1のように水平面に対して $45^\circ$ の角度をなす斜面上に質量 $M$ の直角二等辺三角形の物体Aを斜辺の面が斜面と接するように置く。直角二等辺三角形の等しい2辺の長さを $d$ とする。Aの上面に質量 $m$ で、大きさの無視できる小さな物体Bを置く。斜面上に原点Oをとり、水平右向きに $x$ 軸、鉛直下向きに $y$ 軸をとる。はじめ、Aは上面が $y=0$ となる位置にあり、BはAの上面の右端、すなわち、 $(x, y)=(d, 0)$ の位置にある。空気の抵抗および斜面とAの間の摩擦は無視できるものとする。重力加速度を $g$ とする。

I AとBの間の摩擦も無視できる場合に以下の間に答えよ。

- (1) 図1—1のようにAの右面に水平左向きに力 $F$ を加えたところ、2つの物体は最初の位置に静止したままであった。 $F$ の大きさを求めよ。
- (2) 力 $F$ を取り除いたところ、AとBは運動を開始した。その後、BはA上面の左端に達した。この瞬間のBの $y$ 座標を求めよ。
- (3) BがA上面の左端に達する直前のBの速さ $v$ を求めよ。

II 図1—2に示すようにA上面の点Pを境にして右側の表面が粗く、この部分でのAとBの間の静止摩擦係数および動摩擦係数はそれぞれ $\mu$ 、 $\mu'$ (ただし $\mu > \mu'$ )である。A上面の点Pより左側は、なめらかなままである。問I(1)と同様に、力 $F$ を加えて両物体を静止させた。力 $F$ を取り除いた後の両物体の運動について以下の間に答えよ。

- (1)  $\mu$ が十分に大きい場合、BはA上面を滑り出さず、両物体は一体となって斜面を滑りおりる。このときの両物体の $x$ 方向の加速度 $a_x$ と $y$ 方向の加速度 $a_y$ を求めよ。
- (2)  $\mu$ がある値 $\mu_0$ より大きければBはA上面を滑り出さず、小さければ滑り出す。その値 $\mu_0$ を求めよ。

(3)  $\mu$  が  $\mu_0$  より小さい場合に、B が最初の位置  $(x, y) = (d, 0)$  から A 上面の左端に達するまでの軌跡として最も適当なものを図 1-3 の(ア)~(オ)の中から一つ選べ。ここで  $Q_1, Q_2, Q_3$  はそれぞれ、B の最初の位置、B が A 上面の点 P に達した瞬間の位置、B が A 上面の左端に達した瞬間の位置を表す。また破線は直線  $y = x$  を示す。

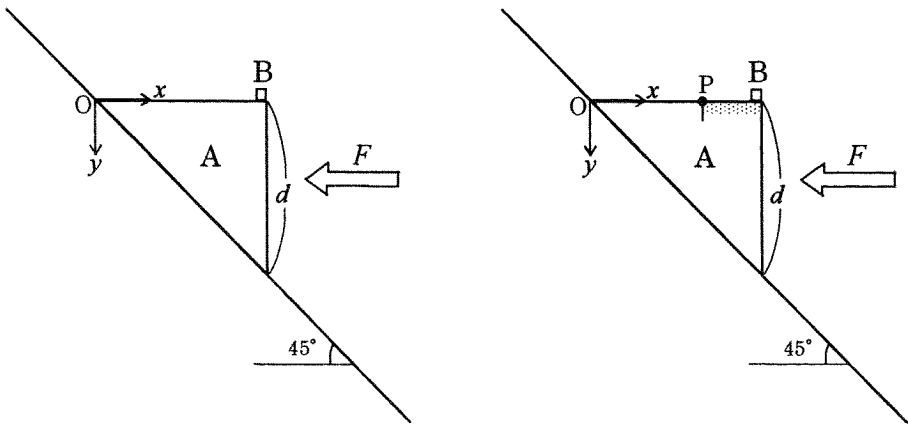


図 1-1

図 1-2

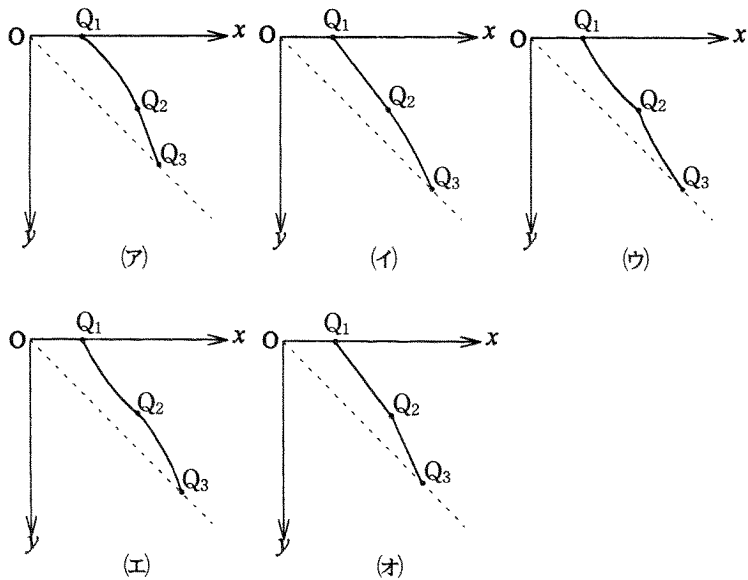


図 1-3

第2問 図2—1に示すように直交座標系を設定する。初速度の無視できる電荷  $q$  ( $q > 0$ )、質量  $m$  の陽子が、 $y$  軸上で小さな穴のある電極  $a$  の位置から電極  $a, b$  間の電圧  $V$  で  $+y$  方向に加速され、 $z$  軸に垂直で  $y$  軸方向の長さが  $l$  の平板電極  $c, d$  ( $z = \pm h$ ) からなる偏向部に入る。 $c, d$  間には  $+z$  方向に強さ  $E$  の一様な電界がかけられている。これらの装置は真空中にある。電界は平板電極  $c, d$  にはさまれた領域の外にはもれ出ておらず、ふちの近くでも電極に垂直であるとし、地磁気および重力の影響は無視できるとして、以下の問に答えよ。

I 電極  $b$  の穴を通過した瞬間の陽子の速さ  $v_0$  を、 $V, q, m$  を用いて表せ。

II その後、陽子は直進し、速さ  $v_0$  のままで偏向部に入る。

(1) 陽子が電極  $c$  に衝突することなく偏向部を出る場合、その瞬間の  $z$  座標(変位)  $z_1$  を、 $v_0, q, m, l, E$  を用いて表せ。

(2)  $E$  がある値  $E_1$  より大きければ陽子は電極  $c$  に衝突し、小さければ衝突しない。その値  $E_1$  を、 $V, l, h$  を用いて表せ。

III 陽子のかわりにアルファ粒子(電荷  $2q$ 、質量  $4m$ )を用いて同じ  $V, E$  の値で実験を行ったところ、偏向部を出る瞬間の  $z$  座標(変位)は  $z_2$  であった。 $z_2$  を、 $z_1$  を用いて表せ。

IV  $E$  の値を  $E_1$  に固定し、電極  $c, d$  にはさまれた領域に  $+x$  方向に磁束密度  $B$  ( $B > 0$ ) の一様な磁界をかけ、再び陽子を用いて実験した。

(1)  $B$  をある値  $B_1$  にしたところ、陽子は偏向部を直進し、偏向部を通過するのに時間  $T_1$  を要した。 $B_1$  と  $T_1$  を、 $v_0, E_1, l$  を用いてそれぞれ表せ。

(2)  $B$  をある値  $B_2$  ( $0 < B_2 < B_1$ ) にしたところ、陽子が偏向部を出る直前の  $z$  座標(変位)は  $z_3$  ( $z_3 > 0$ ) であった。このときの陽子の速さ  $v_1$  を、 $q, m, V, E_1, z_3$  を用いて表せ。

(3)  $B$  を  $0 < B < B_1$  の範囲内で変化させて実験を繰り返し、陽子が偏向部を通過するのに要する時間  $T$  を測定した。このとき、 $B$  と  $T$  の関係を表すグラフはどのようなになるか。図2—2の(ア)~(オ)の中から最も適当なものを一つ選べ。

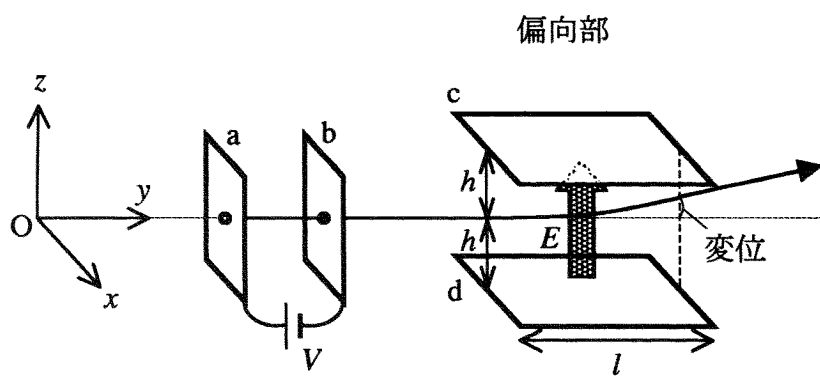


図 2-1

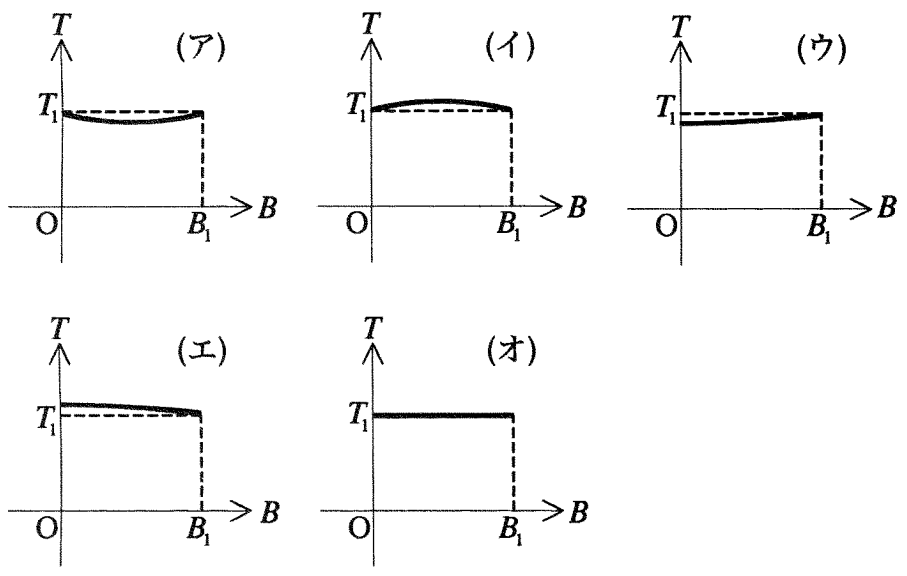


図 2-2

第3問 図3のように、二つの容器1, 2のそれぞれに1モルの気体1, 2を入れ、水平な床に固定する。これらの気体はともに理想気体とする。二つの容器は摩擦なしに水平に動くことのできるピストンAでつながれている。ピストンAの容器1内の底面積は $S_0$ であり、容器2内の底面積は $2S_0$ である。容器2にはさらに、上下に動くことのできるピストンBがついており、その上に質量 $m$ のおもりがのせてある。ピストンBの底面積は $S$ であり、その質量は無視できる。容器1には体積の無視できるヒーターが取り付けられている。ピストンA, Bと容器は熱を通さない。気体は容器の外にもれず、容器の外は真空である。気体定数を $R$ 、重力加速度を $g$ とする。

I ピストンBが動かないように固定されている場合を考える。

- (1) ピストンAが静止している状態において、気体1の圧力 $P_1$ と気体2の圧力 $P_2$ の間に成り立つ関係式を書け。
- (2) はじめ気体1の方が気体2より温度が低く、気体1の体積が $V_1$ 、気体2の体積が $V_2$ であった。ヒーターで気体1を加熱して気体1, 2を等しい温度にした。このときの気体2の体積 $V_2'$ を、 $V_1$ ,  $V_2$ を用いて表せ。

II ピストンBが摩擦なく動くことができる場合を考える。ピストンA, Bが静止している状態において、気体1の温度が $T$ であるとき、気体1の体積 $V_1'$ を、 $S$ ,  $T$ ,  $R$ ,  $m$ ,  $g$ を用いて表せ。

III 問IIの状態から気体1をヒーターで加熱したところ、気体1の温度は $T'$ になり、気体2の温度は変わらなかった。また、ピストンAは右に距離 $x$ だけゆっくりと移動し、ピストンBは $h$ だけ上昇した。

- (1) 移動距離 $x$ を、 $S_0$ ,  $S$ ,  $h$ を用いて表せ。
- (2) 温度 $T'$ を、 $T$ ,  $R$ ,  $m$ ,  $g$ ,  $h$ を用いて表せ。
- (3) 気体1は単原子理想気体として、ヒーターから加えられた熱量 $Q$ を、 $m$ ,  $g$ ,  $h$ を用いて表せ。

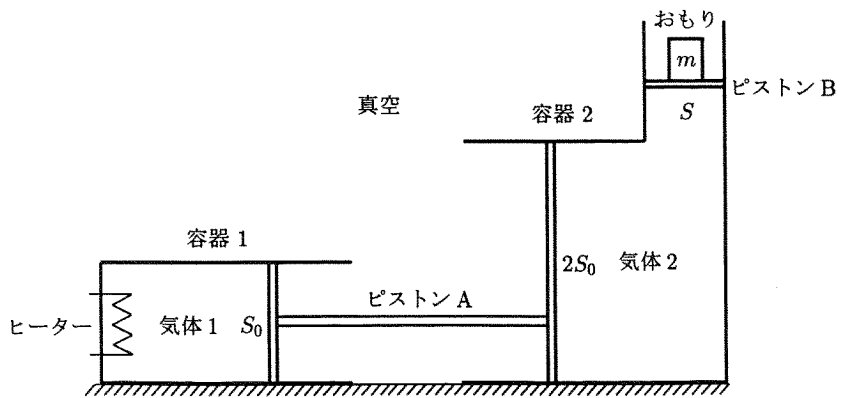


図 3