

情報科学部A方式Ⅱ日程・デザイン工学部A方式Ⅱ日程
 理工学部A方式Ⅱ日程・生命科学部A方式Ⅱ日程

3 限 理 科 (75分)

| 科 目 | ページ |
|-----|-------|
| 物 理 | 2～9 |
| 化 学 | 10～20 |
| 生 物 | 22～36 |

〈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. 志望学部・学科によって選択できる科目が決まっているので注意すること。

| 志望学部(学科) | 受験科目 |
|-------------------------|-------------|
| 情報科学部(コンピュータ科) | 物理 |
| デザイン工学部(建築) | 物理または化学 |
| 理工学部(電気電子工・経営システム工・創生科) | |
| 生命科学部(環境応用化・応用植物科) | 物理, 化学または生物 |

4. 科目の選択は、受験しようとする科目の解答用紙を選択した時点で決定となる。
一度選択した科目の変更は一切認めない。
5. 問題冊子のページを切り離さないこと。

(物 理)

注意 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入すること。

解答用紙の余白は計算に使用してもよいが、採点の対象とはしない。

すべての問題について、必要な場合は重力加速度の大きさを g 、円周率を π とする。

〔 I 〕 以下の問いに答えよ。ただし、小球および薄い板の運動は床面に垂直な方向でのみ起こり、空気抵抗は無視できるものとする。

図 1 - 1 に示すように、質量 m_A の小球 A を、床面に固定した質量 m_B の薄い板 B の上方 h の高さから、静かに落下させた。その後、A は B に衝突して上方に跳ね返り、到達する最高点の高さは $\frac{1}{4}h$ であった。

- (1) A が B に衝突するときの速さを求めよ。
- (2) A と B の間の反発係数を求めよ。

つぎに、図 1 - 2 に示すように、ばねを床面に垂直に立て、上端に B を取り付け、静止させた。このとき、ばねの自然の長さからの縮みは d であった。この状態で、A を B の上方 h の高さから、静かに落下させた。その後、A は B と弾性衝突し、衝突前の B の位置に対して上方に跳ね返った。

- (3) 衝突により A が衝突前の B の位置に対して上方に跳ね返るためには、 m_A と m_B の間にどのような関係が必要か。
- (4) 衝突後 B は、衝突前の位置よりどれだけ下がるか。その最大値を求めよ。
ただし、B が最下点に達するまでに 2 回目の衝突は起こらないものとする。
- (5) 衝突後 A が跳ね返った後に到達する最高点の高さを、衝突前の B の位置からの距離として求めよ。ただし、この間に 2 回目の衝突は起こらないものとする。
- (6) 小問(5)の最高点の高さが $\frac{1}{4}h$ となった場合について、 $\frac{m_A}{m_B}$ の値を求めよ。

つぎに、図1-3に示すように、質量 m の薄い板 D を、床面に垂直に立てたばねの上端に取り付け、静止させた。このとき、ばねの自然の長さからの縮みは d' であった。この状態で、質量 $2m$ の小球 C を、D の上方 h' の高さから、静かに落下させた。その後、C と D は完全非弾性衝突し、衝突後は一体となって運動した。

- (7) 衝突の際に失われる力学的エネルギーを求めよ。
- (8) 衝突後 D は、衝突前の位置よりどれだけ下がるか。その最大値を求めよ。
- (9) その後、D は再び上昇する。D が小問(8)の状態の最下点から、はじめて最高点に達するまでにかかる時間を求めよ。

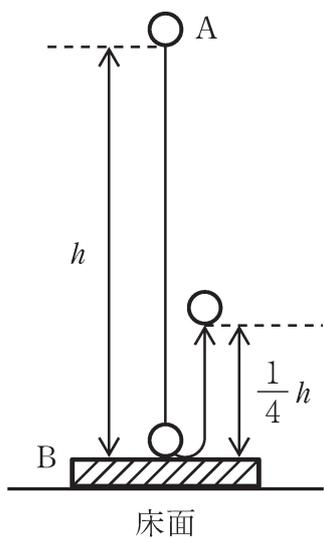


図1-1

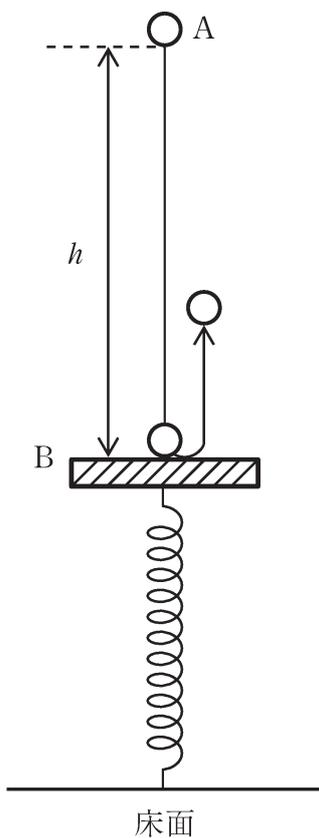


図1-2

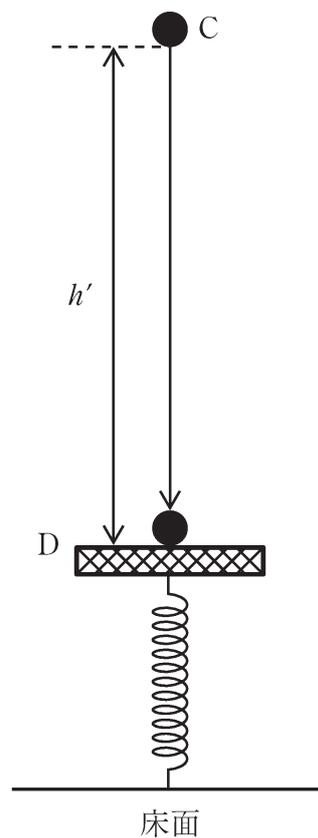


図1-3

物理

〔Ⅱ〕 クーロンの法則の比例定数を k 、無限遠点を電位の基準とし、次の文の に入れるべき数式を解答欄に記入せよ。ただし、(1), (2), (3), (4), (6), (7)は文字を含む数式, (5)は数値のみで記せ。

図2のような、斜線部分で表される $x \leq 0$ の領域に置かれた接地された無限に大きい導体と、点 $A(a, 0, 0)$ に置かれた電気量 $q (> 0)$ の点電荷を考える。導体がない場合に、点 $P(x, y, 0)$ での点 A の点電荷がつくる電界の強さは (1) となる。

導体がある場合は、導体表面 ($x = 0$) のすべての点で電位は 0 となり、点電荷と導体により生じる $x \geq 0$ での電界は、導体を取り去り点 $A'(-a, 0, 0)$ の位置に、ある電気量 Q の点電荷を置いた場合と等価であることが知られている。そこで電気量 Q の値を求めるために、導体を取り去った場合での A と A' に置いた電荷による電位を考えると、点 $R(0, y, 0)$ での電位は (2) となる。そして、(2) で求めた電位が 0 となることを利用すると、電気量 Q は (3) となる。すると、点 $R(0, y, 0)$ における電界の強さは y, a, q, k を用いて (4) となり、電界の向きは x 軸から反時計回りに (5) となる。ただし、電界の向きは x 軸の正の方向を 0° (度) とし角度を記入すること。

導体がある場合、点 A においた点電荷によって導体表面には静電誘導により負電荷が分布する。導体表面に分布した負電荷の面密度(単位面積あたりの導体表面の電気量)の大きさを σ とすると、導体表面 (yz 平面上) の微小面積 ΔS の領域に入り込む電気力線の本数は $k, \sigma, \Delta S$ を用いて (6) となる。ここで、 ΔS は十分に小さいため、 σ は ΔS 内で同じ値を持つと考えて良い。また、負電荷の面密度の大きさ σ は導体表面の電界の強さと電気力線の本数の関係から求めることができ、原点 O での σ は a, q を用いて (7) となる。

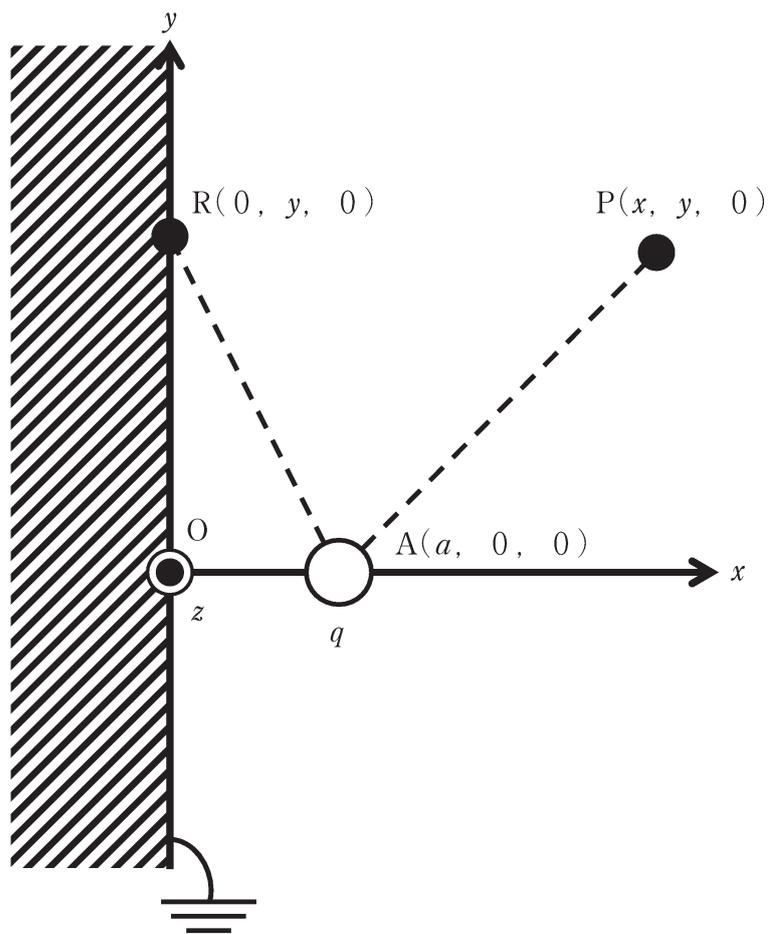


图 2

物理

〔Ⅲ〕 断熱性の布でできた体積を変えることのできる気球，気球内の空気，その空気の温度を調節するヒーター，およびゴンドラからなる熱気球が地上に静止している。熱気球のうち，気球内の空気を除いた部分の質量を M とする。外気も気球内の空気のいずれも，高度にはよらず一定のモル質量（1モルあたりの質量）を有する理想気体とする。断熱過程においては，（圧力）（体積） $^\gamma = \text{一定}$ ，という関係が成り立つ。ここで， $\gamma (> 1)$ は比熱比である。

まず，気球の体積を V_1 に固定した場合を考える（図3-1）。気球下部を開いた状態で，ヒーターにより気球内の空気を温めたところ，温度が T_1 になったとき，熱気球が地上から離れ始めた。地表付近の外気の圧力を p_0 ，密度を d_0 ，温度を T_0 とする。

- (1) 気球内の空気の密度を求めよ。
- (2) 熱気球にかかる重力を求めよ。
- (3) 温度 T_1 を求めよ。

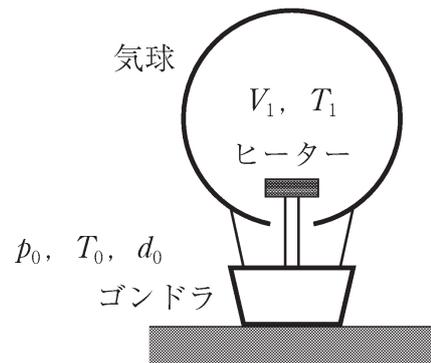


図3-1

つぎに、ヒーターにより気球内の空気を温め、温度が T_2 になったところで維持した。そのとき、熱気球は高度 h_1 に達した(図 3 - 2)。この高度付近の外気の圧力は p_1 であった。

- (4) 高度 h_1 における気球内の空気の密度を求めよ。
 (5) 高度 h_1 における外気の密度を求めよ。

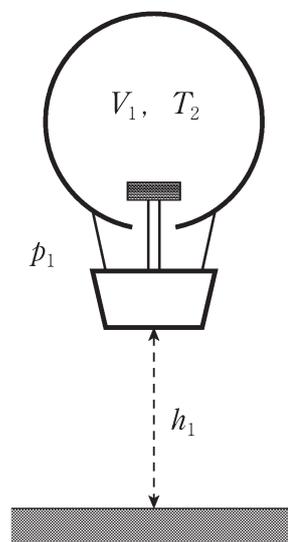


図 3 - 2

ここで気球内の空気と外気のやり取りを出来ないように気球下部を閉じた。その後、ヒーターを停止し、気球の体積を V_1 から V_2 にゆっくりと増加させたところ、熱気球は上昇し高度 h_2 にて静止した。そのときの気球内の空気の温度は T_3 、圧力は p_3 であった(図 3 - 3)。

- (6) 高度 h_2 における気球内の空気の密度を V_1 , V_2 , p_0 , p_1 , T_0 , T_2 , d_0 を用いて表せ。
 (7) 温度 T_2 と温度 T_3 の比 T_2/T_3 を γ , V_1 , V_2 を用いて表せ。

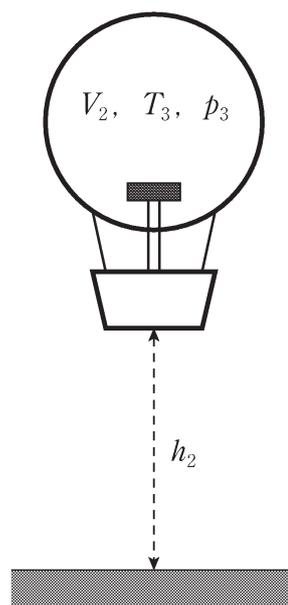


図 3 - 3

物理

〔IV〕 図4-1で示されるように、点Uを先頭として、 x 軸方向に直進する振幅 A 、周期 T 、波長 λ の正弦波について、時刻 $t = 0$ での変位の場所的变化を調べた。一方、原点 O 点での変位の時間変化を $t = 0$ 以降について調べたところ、図4-2の実線のような結果を得た。図4-2において、点線は他の場所での変位の時間変化を表している。これらの結果をもとに以下の問いに答えよ。

- (1) この進行波の速さ V を λ と T を用いて求めよ。
- (2) 図4-2において、点線で示された変位の時間変化は、図4-1のP、Q、R、Sのどの位置での時間変化を示すものか記号で答えよ。
- (3) 一般に位置 x の媒質の振動は、原点 O に比べて時間 x/V だけ遅れる。この考え方をういて図4-1のP点における変位 y_p を、解答欄に合うように t 、 A 、 T を用いて表せ。
- (4) 図4-1において、 $x = L$ の位置を固定端の反射点とする。反射波は x 軸の負の向きに進むが、(3)と同じように振動が遅れて伝わっていると考えるよ。このとき、反射波の位置 $x (< L)$ では、原点 O に比べてどれだけ時間が遅れているかを x 、 L 、 λ 、 T を用いて表せ。
- (5) (4)の結果を用いて、固定端で生じる反射波について、 O 点からの距離 x の位置における変位 y_2 を、解答欄に合うように t 、 x 、 A 、 L 、 λ 、 T を用いて表せ。ただし、 t はじゅうぶん大きいものとする。
- (6) $L = 2\lambda$ のとき、図4-1の波と固定端で生じる反射波との重ね合わせによって生じる波について、 O 点からの距離 x の変位 y_3 を、解答欄に合うように t 、 x 、 A 、 λ 、 T を用いて表せ。ただし、 t はじゅうぶん大きいものとする。
- (7) $L = 2\lambda$ のとき、 $t = 1.25T$ において O 点と固定端の間に生じている波の波形(変位 y)のグラフを描け。

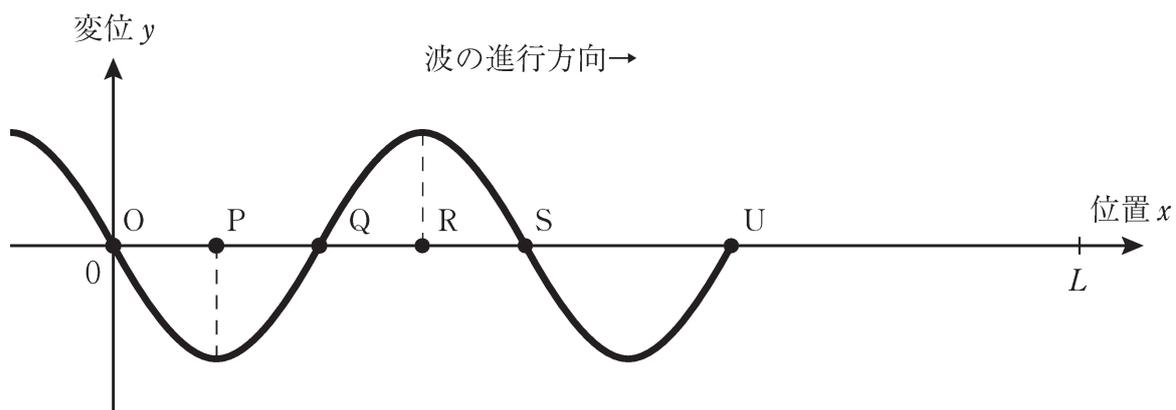


図 4 - 1

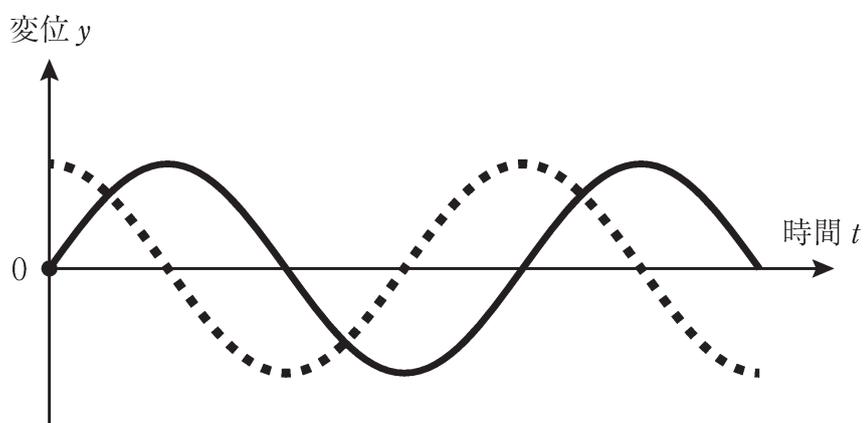


図 4 - 2