

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	18～24

〈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(生命機能学科生命機能学専修)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 1. 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。

注意 2. 解答を導くために必要な式も解答用紙に書いておくこと。

〔 I 〕 つぎの問いに適切な式、語句、グラフの概略を解答欄に記入せよ。

図 1 に示すように、上が N 極、下が S 極の地磁気に比較して強い磁気力をもつ円筒状の磁石がアクリル製のパイプの内部を落下する。磁石の質量は m である。パイプは鉛直に立ててあり、その長さは L 、内径はほぼ磁石の直径と等しい。磁石とパイプの間の摩擦および空気抵抗は無視できる。このパイプに 1 巻きのコイルをおき、スイッチ S と電気抵抗を接続した。重力加速度の大きさを g とする。

1. P 点における磁界の方向は左から右か、右から左か。

S を開いた状態で磁石をパイプの上端から静かに落下させた。

2. 磁石がパイプの下端に落下するまでの時間を求めよ。

3. 下端での磁石の速さ v を求めよ。

磁石がコイル近くを落下するとき、コイルの端子には電圧が発生する。G を基準とし Q 端の電圧の変化の概要を以下の場合についてグラフに示せ。

4. コイルをパイプ上方に設置したときの概要を実線 (—) で示せ。

コイルをパイプ下方に設置したときの概要を破線 (⋯) で示せ。

Sを閉じた状態で同じように磁石をパイプの上端から静かに落下させた。このとき、下端での磁石の速さは v' であった。

5. v と v' の大小関係を示せ。
6. 電気抵抗で消費されるエネルギーを m , v および v' を用いて表せ。

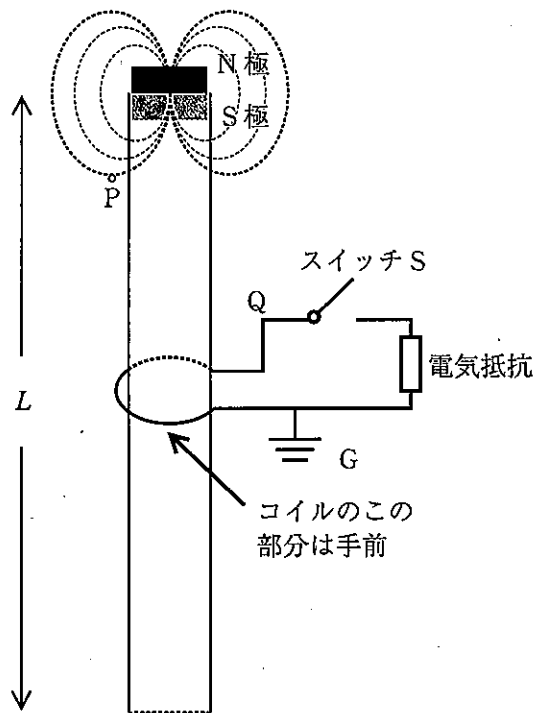


図 1

〔Ⅱ〕 つぎの文の に入れるべき数値または式を解答欄に記入せよ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。

実験1

図2-1に示すように、小球Aの初期位置を原点とする鉛直平面上の x - y 座標系において、二つの小球A, Bが水平方向に L 、垂直方向に H だけ離れて固定されている。いま、小球Aを右斜め上方向に打ち出すと同時に、小球Bを静かにはなし自由落下させる。小球Aを打ち出した時刻を0とする。

最初に小球Aの運動について考える。小球Aの水平方向の位置が L となる時刻を t とすると、 t は、初速度の x 軸方向成分 v_x を用いて $t = \text{ (a)}$ と表すことができる。また、時刻 t における小球Aの垂直方向の位置 y_A は、 g 、 t および初速度の y 軸方向成分 v_y を用いて $y_A = \text{ (b)}$ と表すことができる。

つぎに、小球AおよびBが、地面と接触する前に互いに衝突するための条件について考える。

小球Aの水平方向の位置が L となるまでに、小球Aが地面と接触しないための条件は、 g 、 L を用いて $v_x v_y > \text{ (c)}$ と表すことができる。

また、時刻 t における小球Bの垂直方向の位置を y_B とすると、小球Aが小球Bに衝突するための条件は、 $y_A = y_B$ を満たすことである。ここで、 y_B は、 t 、 g 、 H を用いて $y_B = \text{ (d)}$ と表され、これと先に求めた y_A の関係式とを用いて $y_A = y_B$ を整理すると $\frac{v_y}{v_x} = \text{ (e)}$ と表すことができる。

実験2

図2-2に示すように、水平方向の位置が $3h$ である場所にじゅうぶんに高いなめらかな壁を設置し、小球Aを壁に向けて打ち出すと同時に、小球Bを $(2h, 4h)$ の位置から静かに自由落下させる。

小球Aが、壁と衝突してはねかえったのち、小球Bと空中で衝突するように初速度の x 軸方向成分 v_x および y 軸方向成分 v_y を設定したい。ただし、壁と小球Aは、完全弾性衝突するものとし、二つの小球が衝突する前に地面に接触することはないものとする。

壁に衝突したのちの小球Aの水平方向の位置が $2h$ となる前に地面と接触しないための条件は、 g, h を用いて $v_x v_y > \boxed{(f)}$ と表され、小球Aと小球Bが衝突するための条件は $\frac{v_y}{v_x} = \boxed{(g)}$ と表される。

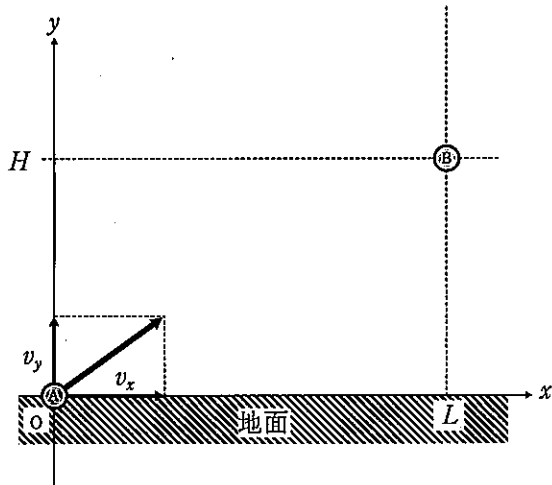


図 2 - 1

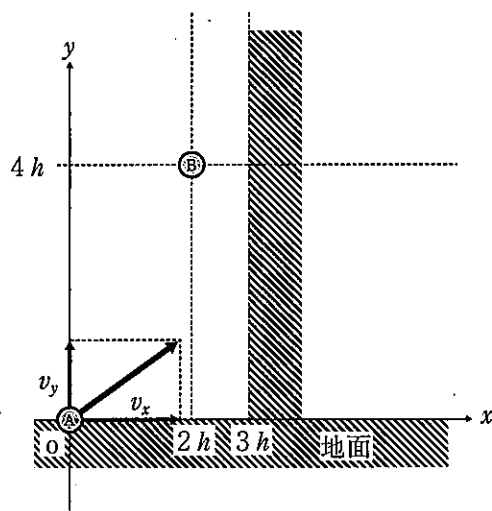


図 2 - 2

〔Ⅲ〕 つぎの文の に入れるべき式を解答欄に記入せよ。

図3のように、断面積 $2S$ と断面積 S の円筒部からなるシリンダーが大気圧 P_0 中に鉛直に固定されている。各円筒内には、なめらかに動く質量 $2m$ のピストン U と質量 m のピストン L が備えられ、 L の下面とシリンダー底面には、ばね定数 k のばねが固定されている。 U の上面と L の下面は大気に接しており、 U と L の間には1モルの単原子分子の理想気体 A が閉じ込められている。シリンダーと U および L は断熱材でできている。また、シリンダー内には加熱器が取り付けられている。理想気体の気体定数を R 、定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$ 、定圧モル比熱を $\frac{5}{2}R$ 、また重力加速度の大きさを g とする。

はじめに図3(a)のように、ばねが自然長より縮んだ状態で U と L が静止している。このときの A の圧力は P_1 、体積は V_1 、温度は T_1 であり、また L に作用するばねの力は F_1 であった。 P_1 を g, m, P_0, S で表すと (1) となり、 F_1 を g, m で表すと (2) となる。

つぎに、図3(b)のように、 U の上面に質量 M のおもりを静かにおくと、 U と L は降下し、 A の圧力は P_2 、体積は V_2 、温度は T_2 、また L に作用するばねの力は F_2 となった。 F_2 を F_1, g, M で表すと (3)、 L が降下した距離 H を g, k, M で表すと (4) となる。また、このとき A が外部からされた仕事を R, T_1, T_2 で表すと (5) となる。

さらに、 A に熱量 Q をゆっくりと加えると、図3(c)のように U が距離 h だけ上昇し A の体積は V_3 、温度は T_3 となった。このとき A が外部にした仕事を h, P_2, S で表すと (6)、 Q を R, T_2, T_3 で表すと (7) となる。また、 h を P_2, Q, S で表すと (8) となる。

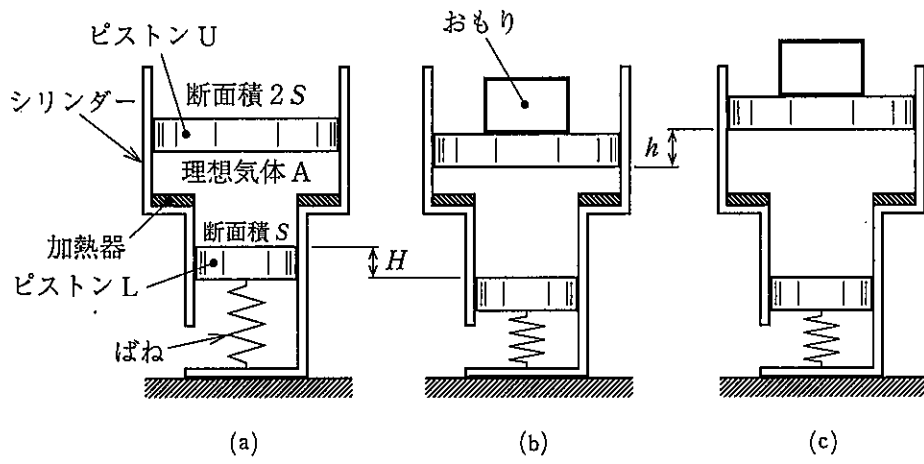


図 3

〔IV〕 図4のように厚い平行平面ガラス板の上にガラス製の平凸レンズがおいてある。レンズは中心の位置Pでガラス板と接している。レンズの平面側から平面に対して垂直に波長 λ の単色光をあて、レンズの平面側から光の反射を観察すると、光の明暗の線が同心円状に交互に観測される。レンズの中心Pからの距離を r 、その位置でのレンズとガラス板との間の空気層の厚さを d とする。レンズの曲面は点Qを中心とする半径 R の球面で表され、この R を曲率半径という。ガラスの屈折率を n ($n > 1$)とし、空気の屈折率を1とする。以下の各問に答えよ。

(イ) 図4において、光が厚さ d の空気層を往復するときの光路差 L を d を用いて表せ。

一般に媒質中を伝わる波が屈折率の小さい媒質から大きい媒質へ入射するとき、媒質の境界面で反射する波は位相が反転する。また曲面での屈折の効果は微小であるとして無視してよい。

(ロ) 光が干渉して弱め合い、暗い線となるための条件を L 、 λ および整数 m ($m = 0, 1, 2, \dots$)を用いて表せ。

(ハ) 中心の位置Pでは干渉じまは明るくなるか、暗くなるか。

(ニ) r 、 d 、 R に成り立つ関係を求め、 r^2 を d と R で表せ。

上の結果を R に比べて d がじゅうぶん小さいという条件の下で近似すると $d = \frac{r^2}{2R}$ と表すことができる。

(ホ) 中心から数えて m ($m = 0, 1, 2, \dots$)番目の暗い線の半径 r を m 、 λ 、 R を用いて表せ。

(ヘ) 半径2.7 mmの円周上の位置に2つ目の明線が見られた。このときのレンズの曲率半径 R を求めよ。ただし光の波長を486 nmとする。

つぎにレンズとガラス板の間の空間を水で満たした。水の屈折率を n_1 ($0 < n_1 < n$) とする。

- (ト) 光が厚さ d の水の層を往復するときの光路差 L' を d および n_1 を用いて表せ。
- (チ) レンズの中心から数えて3番目の暗い線の半径は、水で満たす前の半径の何倍か。

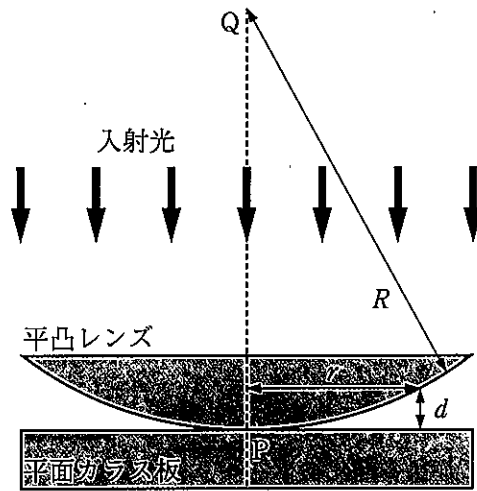


図 4