

情報科学部A方式Ⅰ日程・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	10～18
生 物	20～35

〈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(デジタルメディア)	物理
デザイン工学部(都市環境デザイン工・システムデザイン)	物理または化学
理工学部(機械工〔機械工学専修〕・応用情報工)	
生命科学部(生命機能)	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 〕 図 1 に示すように滑らかな床面に質量 M の台があり，この台に水平方向右向きに力を作用させる。台上には大きさの無視できる質量 m の小物体 A が置かれ，小物体 A に対して力の作用方向に距離 L だけ離れて大きさの無視できる質量 m の小物体 B が置かれている。この状態を初期状態とする。台は十分に長く，小物体 A および B が台から落下することはないものとする。以下の問いに答えよ。

まず台と小物体 A および B との間に摩擦がない場合について考える。

- (1) 台に力 F_0 を加えたときの台の加速度の大きさを求めよ。

つぎに，台と小物体 A との間に摩擦がある場合について考える。このとき台と小物体 B との間に摩擦はない。初期状態から台に力 F_1 を加えたところ，小物体 A は台上を滑ることなく，台と一体となって運動した。その後，小物体 A と B は衝突した。衝突後，小物体 A は台上を滑ることなく運動し，小物体 B は小物体 A から離れた。

- (2) 小物体 A と B が衝突するまでの間，小物体 A と台との間に作用する静止摩擦力の大きさを求めよ。
- (3) 力 F_1 を加えてから小物体 A と B が衝突するまでの時間を求めよ。
- (4) 衝突する瞬間の台の速さを求めよ。

物理

- (5) 衝突後，台に加える力を F_1 から大きくしていくと， F_2 で小物体 A が台に対して滑りはじめた。小物体 A と台との間の静止摩擦係数を求めよ。なお小物体 A が滑り始めるまで小物体 A と B の 2 回目の衝突は起こらないものとする。

最後に，台と小物体 A および B との間に摩擦がある場合について考える。初期状態から台に力 F_3 を作用させたところ，小物体 A と B は台上をすべり，その後衝突した。小物体 A と台との間の動摩擦係数を 2μ ，小物体 B と台との間の動摩擦係数を μ とする。

- (6) 力 F_3 を加えてから小物体 A と B が衝突するまでの台の加速度の大きさを求めよ。
- (7) 力 F_3 を加えてから小物体 A と B が衝突するまでの時間を求めよ。
- (8) 衝突するまでに力 F_3 が台にした仕事を求めよ。
- (9) 衝突するまでに小物体 A と台との間の動摩擦力が台にした仕事を求めよ。

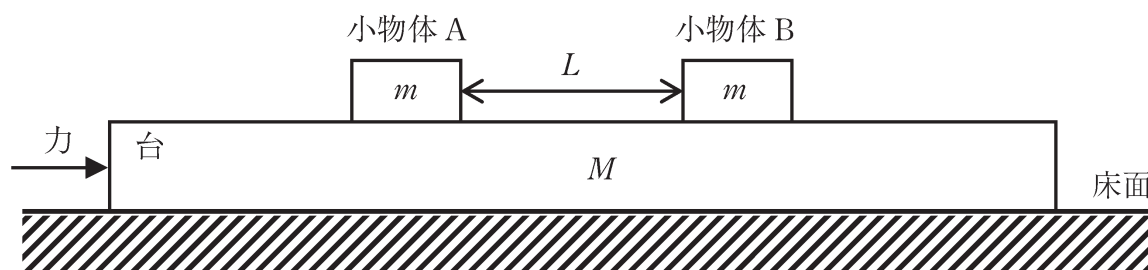


図 1

物理

〔Ⅱ〕 つぎの文の に入れるべき数式を解答欄に記入せよ。

図2-1と図2-2のように、間隔 d だけ離れた十分に長い2本の平行な導体のレールが水平面と θ の角度をなすように置かれている。その上に質量 m の導体棒をレールと直交するように置く。レールと導体棒のなす面に対して垂直上向きに強さ B の一様な磁束密度の磁界がかけられている。導体棒はレールと垂直を保ったままレールに沿って動くとし、レールに沿った下向きを正の向きとする。また、図2-1に示す抵抗以外の抵抗、レールと導体棒との間の摩擦、誘導電流がつくる磁界はすべて無視できるとする。

図2-1のように、レールに内部抵抗のない起電力 E の電池と抵抗値 R の抵抗が接続されているとき、導体棒を静かに離す。導体棒がレールを滑り落ち、しばらくするとレールに沿って一定の速さ v_1 になった。このとき、導体棒の両端に生じる誘導起電力の大きさは B, d, v_1 を用いて (1) となり、抵抗値 R は $m, B, d, \theta, v_1, E, g$ を用いて (2) となり、電池が供給する電力は m, B, d, θ, E, g を用いて (3) となる。

図2-2のように、レールに電気容量 C の電荷が蓄えられていないコンデンサーが接続されているとき、導体棒を静かに離す。導体棒がレールを滑り落ち、導体棒の速さが v_2 になったとき、コンデンサーに蓄えられた電気量は B, d, v_2, C を用いて (4) となる。このとき、導体棒を流れる電流の大きさを I 、レールに沿った導体棒の加速度を a とすると導体棒の運動方程式は m, B, d, θ, I, g を用いて $ma =$ (5) となる。さらに短い時間 Δt の間に導体棒の速度が Δv 、コンデンサーの電気量が ΔQ だけ増えたとすると I と $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ の関係は B, d, C を用いて $I =$ (6) $\times \frac{\Delta v}{\Delta t}$ となる。 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ の関係に注意して(5)で求めた運動方程式と(6)で求めた電流の式を用いると、導体棒が滑り落ちているときの電流の大きさ I は m, B, d, θ, C, g を用いて (7) となる。

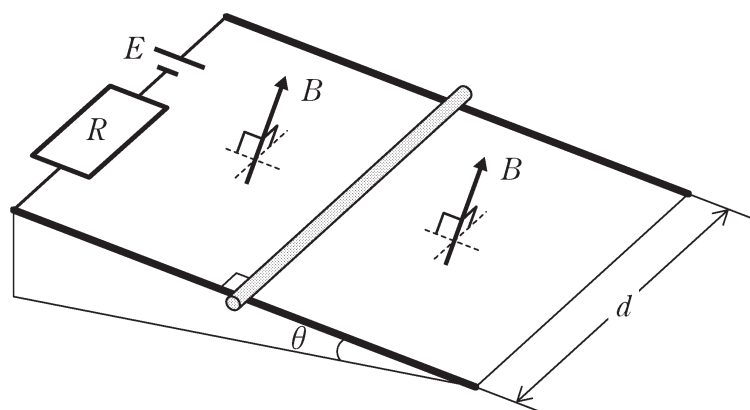


图 2 - 1

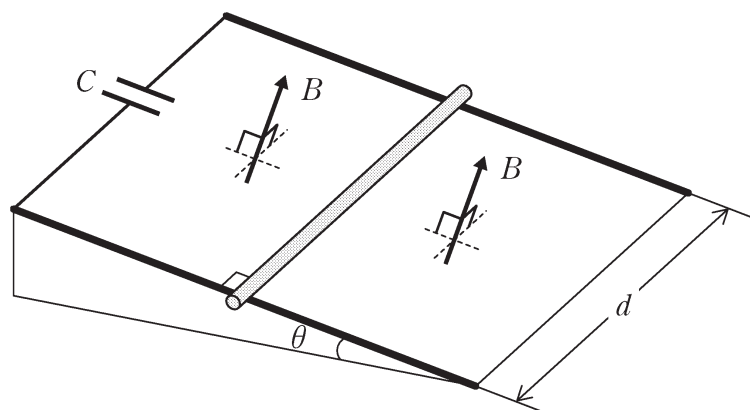


图 2 - 2

物理

〔Ⅲ〕 図3のように、容器①と容器②とがコックのついた細い管でつながれている。

容器①には大きさの無視できる加熱装置の付いた断面積 S のピストンがある。ピストンはなめらかに移動でき、底から $2h$ 移動するとストッパーに接して止まる。また、容器②の容積は $\frac{Sh}{2}$ であり、外気の圧力は P_0 である。ただし、容器、ストッパー、ピストン、細い管およびコックは断熱材でできており、細い管とコックの大きさは無視できるものとする。

最初はコックが閉じられた状態で、容器①に単原子分子の理想気体をいれ、ピストンを一定の力でおさえたところ、容器①の底から h の位置で静止し、容器①内の圧力は $2P_0$ 、温度は T_0 になった。また、容器②には容器①と同じ単原子分子の理想気体が圧力 $4P_0$ 、温度 T_0 で封じ込められている。この状態を状態 A とする。気体定数を R とするとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 状態 A において、容器①内の気体の物質量 n_A を h , P_0 , R , S , T_0 を用いて表せ。

つぎに、容器①内の気体をゆっくり加熱したところ、ピストンは容器①内の気体の圧力を $2P_0$ に保ったままゆっくりと左に移動し、ストッパーに接して停止した。この状態を状態 B とする。

- (2) 状態 B において、容器①内の気体の温度 T_2 は、 T_0 の何倍であるか求めよ。
(3) 状態 A から状態 B の変化において、容器①内の気体が吸収した熱量 Q_2 を h , P_0 , S を用いて表せ。

その後、容器①内の気体の圧力が $3P_0$ になったところで加熱を停止した。この状態を状態 C とする。

- (4) 状態 C において、容器①内の気体の温度 T_3 は、 T_0 の何倍であるか求めよ。
(5) 状態 B から状態 C の変化において、容器①内の気体が吸収した熱量 Q_3 を h , P_0 , S を用いて表せ。

さらに、状態 C において、コックを開いて容器①と容器②内の気体を断熱的に混合した。気体は平衡状態に達するまで放置した。この状態を状態 D とする。ただし、平衡状態でもピストンはストッパーに触れたままであるとする。

(6) 状態 D において、気体の温度 T_4 は、 T_0 の何倍であるか求めよ。

(7) 状態 D において、気体の圧力 P_4 は、 P_0 の何倍であるか求めよ。

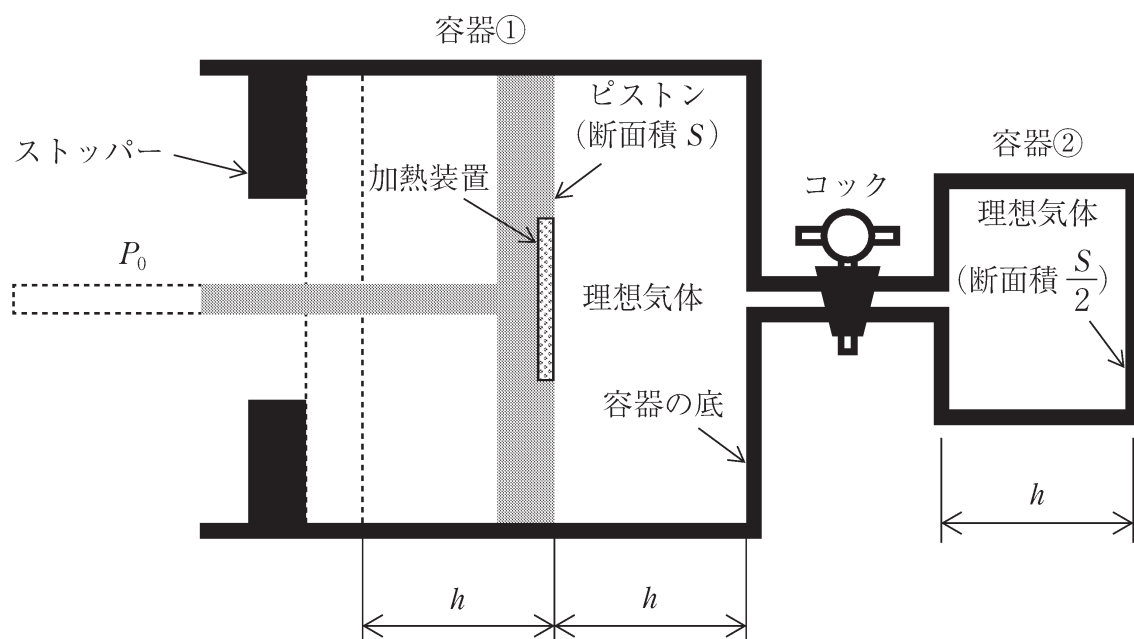


図 3

物理

〔Ⅳ〕 光は伝わる速さの異なる物質の境界面で屈折が起こる。物質 1 に対する物質 2 の相対屈折率 n_{12} はそれぞれの物質のなかでの光の速さの比によって表される。

以下の問いに答えよ。なお図 4 - 3 のグラフおよび次の概略値を用いてよい。

$$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24, \sqrt{7} = 2.65, \sqrt{11} = 3.32, \sqrt{13} = 3.60$$

- (1) 図 4 - 1 に示した入射角 θ_i および屈折角 θ_r を用いて相対屈折率 n_{12} を表せ。
- (2) 相対屈折率 n_{12} を物質 1 の屈折率 n_1 および物質 2 の屈折率 n_2 を用いて表せ。

まず、図 4 - 1 に示したように厚さ $d = 10 \text{ cm}$ のガラス板を置き、上方の空气中からガラス板の底の点 Q を見た。

- (3) 点 Q はガラス板の上面から何 cm のところにあるように見えるか。空気の屈折率を 1.0, ガラスの屈折率を 1.6 として有効数字 2 桁で求めよ。なお入射角と屈折角は小さいものとし、次の近似式が成り立つとする。 $\sin \theta \doteq \tan \theta$

つぎに、図 4 - 2 に示したようにガラス板を床に平行に設置し、その上部に厚さ $h = 15 \text{ cm}$ の液体層を置いた。空気層の上部から入射角 $\theta_1 = 45^\circ$ にて、ある波長の光をあてると液体面上の点 O を通りガラス上の点 P に光が到達したのち、ガラス層を通過しガラス層の底面の点 Q を通り床面の点 R に達した。

- (4) ガラス層から光が出てくるときの屈折角 θ_2 を液体層に光が入るときの入射角 θ_1 を用いて表せ。
- (5) 点 O における液体面に対する法線がガラス面と交わる点を O' とすると $O'P$ の長さは 10 cm であった。この液体の屈折率 n_L を有効数字 2 桁で求めよ。
- (6) 点 S を液体層およびガラス層を設置せず光が達する底面の位置とし、点 R との床面での位置のずれ x を有効数字 2 桁で求めよ。
- (7) ガラス面上の点 Q から上部の空気層に向けてガラス面に対する法線となす角 θ_u で光を出した。光を上部の空気層に到達させたい。角度 θ_u は何度以下であればよいか。有効数字 2 桁で求めよ。

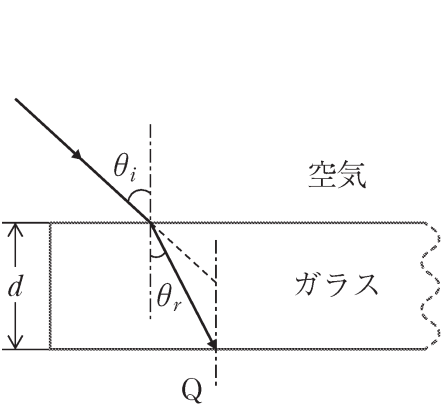


図 4 - 1

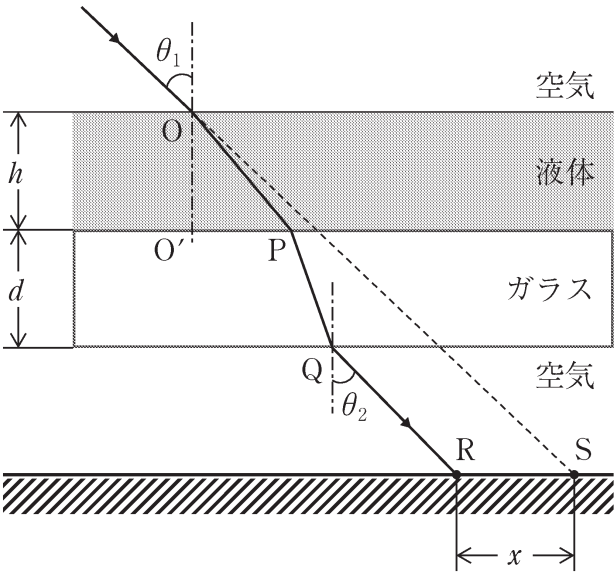


図 4 - 2

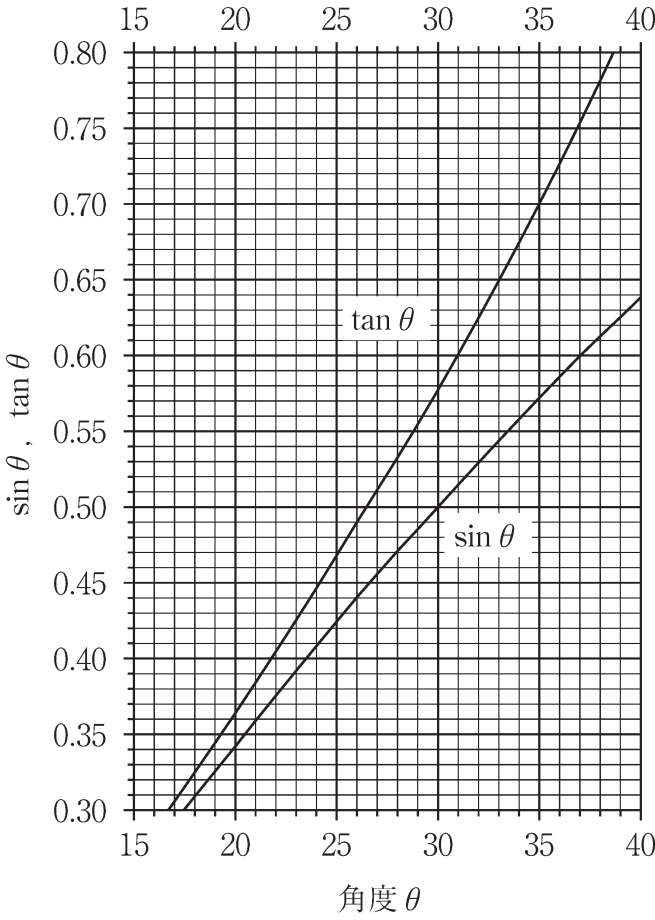


図 4 - 3