

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	10～18
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(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、運動は同一の鉛直平面内で起こり、衝突は瞬間的であり、空気抵抗および糸の伸び縮みは無視できるものとする。

図 1 - 1 に示すように、水平な面と、これに点 P で滑らかにつながる傾角 30° の斜面をもつ台があり、地面に固定されている。この状態で質量 m の小球 A が点 O の鉛直上方から高さ h だけ静かに落下し、点 O で斜面と衝突した。A は斜面で跳ね返されたのち、放物運動をした。その後、A は再び斜面上の点 P_1 で衝突し、さらに点 P_2 、点 P_3 、と次々に斜面上で衝突を繰り返した。台の面はすべて滑らかであり、A と斜面との反発係数は $e(0 < e < 1)$ である。

- (1) A が点 O で斜面に衝突する直前の速さを求めよ。
- (2) 点 O での衝突直後の A の速度について、斜面に平行な方向の成分の大きさを求めよ。
- (3) A が行う放物運動の加速度について、斜面に垂直な方向の成分の大きさを求めよ。
- (4) 点 P_1 での衝突直後の A の速度について、斜面に垂直な方向の成分の大きさを求めよ。
- (5) 距離 OP_1 を求めよ。
- (6) P_2P_3 間で A が最も斜面から離れるときの、斜面からの距離を求めよ。

物理

つぎに、図1-2に示すように、台を地面に固定しない状態で置いた。さらに、Aと台を斜面に平行な軽い糸でつなぎ、点Oの位置で静止させた。

- (7) 台を水平に左方向へ一定の加速度で動かすと、Aが斜面から受ける垂直抗力の大きさが0になる。そのときの糸の張力の大きさを求めよ。
- (8) 台を水平に右方向へ一定の加速度で動かすと、Aは斜面に対して静止した状態で、糸の張力の大きさが0になる。そのときの垂直抗力の大きさを求めよ。
- (9) 小問(8)の状態です糸を切り、ある初速をAに与えて動かした。この速度の台に対する速さは v_0 、向きは斜面に沿って下方であった。Aは斜面を下り、点Pを通過して水平面上を進み点Rに到達した後、Pに向かって戻った。PR間の距離を求めよ。

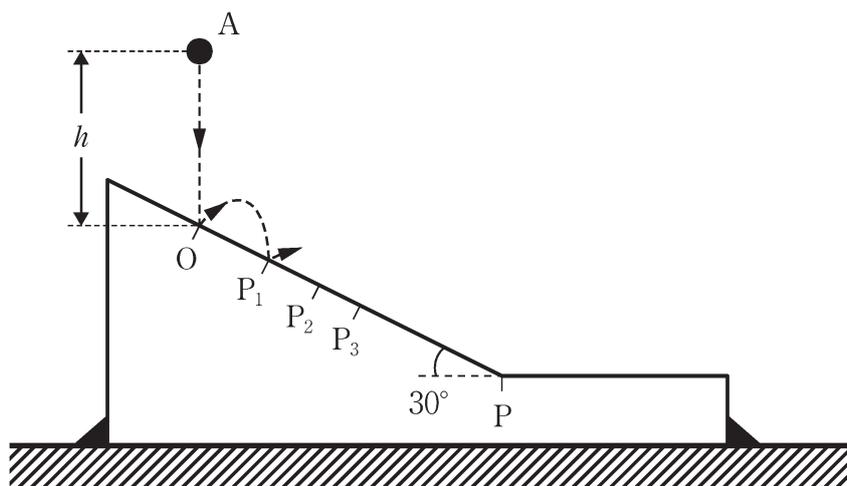


図1-1

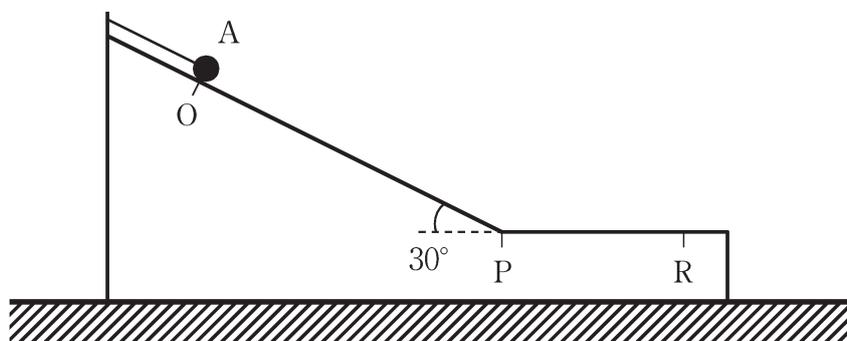


図1-2

物理

〔Ⅱ〕 次の文の に入れるべき数式や語句を解答欄に記入せよ。ただし、電源の内部抵抗やコイルの抵抗はないものとして考える。また、(1), (2), (3), (5), (6), (7)は文字を含む数式, (4)は語句で記せ。

図2-1のような、同じ長さ d の1次コイル C_1 (巻数 n_1 , 自己インダクタンス L_1) と2次コイル C_2 (巻数 n_2 , 自己インダクタンス L_2) が断面積 S の鉄心(透磁率 μ) に巻かれており、磁束の漏れがない場合を考える。1次コイル C_1 に接続した電源を制御し、図のように電流 I_1 を流すと、このコイルに生じる磁界の強さは (1) となる。ここで、 C_1 に流れる電流が時間 Δt の間に ΔI_1 だけ変化したとすると、2次コイルを貫く磁束の変化は (2) となる。この場合、相互インダクタンス M は μ, n_1, n_2, S, d を用いて表すと、 (3) となる。

図2-2のようにコイルに抵抗 R_1 (抵抗の値 r_1), 抵抗 R_2 (抵抗の値 r_2) を接続し、電源の起電力を変化させ、時刻0から T の間に C_1 に流れる電流 I_1 を0から I ($I > 0$) まで時間 t に比例して増加させた。この結果、点aの電位は点bの電位に比べて (4) 。ここで、コイル C_2 の自己誘導の影響を無視した場合に電源の起電力 E を t に対してどのように変化させたかを I, T, r_1, t, L_1 を用いて表すと (5) となり、また抵抗 R_2 に流れる電流 I_2 の大きさは M, I, T, r_2 を用いて表すと (6) となる。続いて、 C_2 の自己誘導を無視しない場合を考える。このとき電流 I_2 は時間に対して変化し、時間 Δt の間に ΔI_2 だけ変化したとすると、抵抗の値 r_2 は、図の矢印cの向きを電流の正の向きとした場合、 M, I_2, I, T, L_2, h を用いて表すと (7) となる。ただし、 h は時間に対する電流の変化率で $h = \frac{\Delta I_2}{\Delta t}$ である。

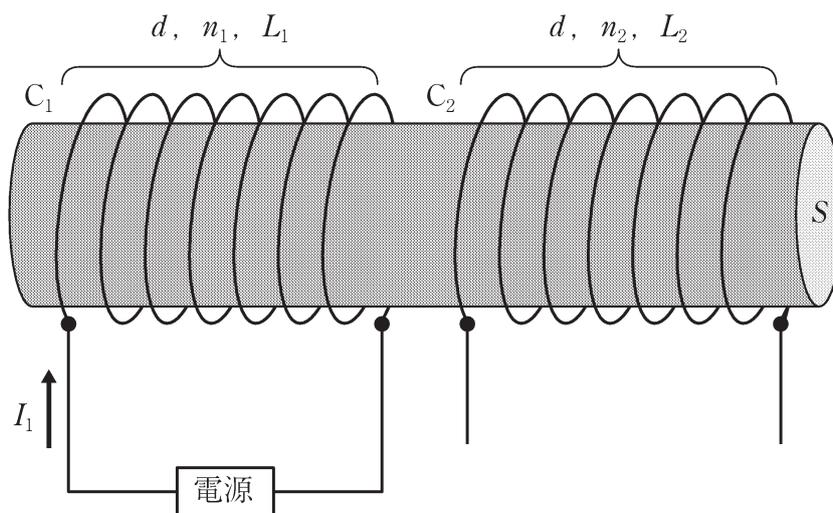


圖 2 - 1

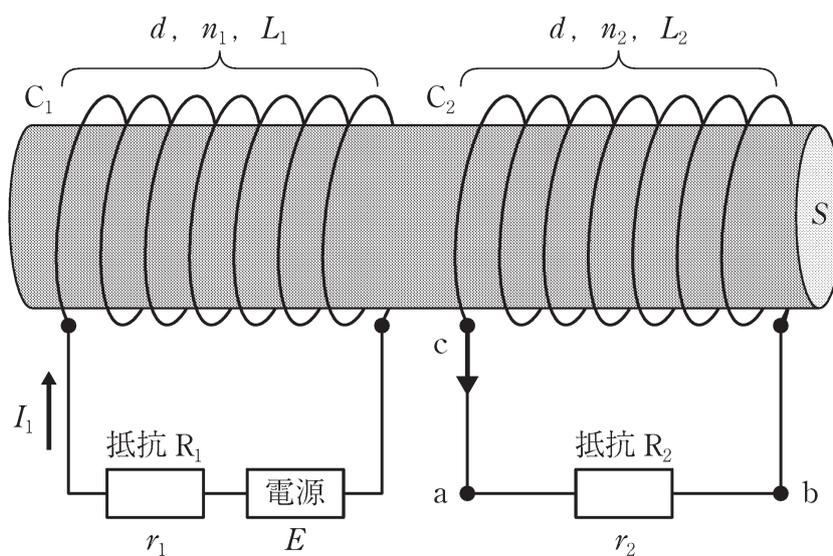


圖 2 - 2

物理

〔Ⅲ〕 円筒形の容器内に、質量 m で断面積 S の滑らかに動くピストンによって単原子分子の理想気体が n モル閉じ込められている。図 3 - 1(a) および図 3 - 2(a) に示すように容器が水平のとき、容器の底からピストンまでの距離は L_0 であった。以下の問いに答えよ。ただし、容器外の大気圧を p_0 、気体定数を R とする。

一定の温度 T_0 の条件下で、容器を図 3 - 1(a) の水平の状態から、ゆっくりと図 3 - 1(b) の鉛直上向きの状態にしたところ、容器内の圧力は p_1 、容器の底からピストンまでの距離は L_1 となった。つづけて、容器をゆっくりと図 3 - 1(c) の鉛直下向きの状態にしたところ、容器内の圧力は p_2 、容器の底からピストンまでの距離は L_2 となった。

- (1) 圧力 p_1 を求めよ。
- (2) 距離 L_1 を p_0 , p_1 , L_0 を用いて表せ。
- (3) 図 3 - 1(a) の状態と図 3 - 1(b) の状態における気体の内部エネルギーの差の大きさを求めよ。
- (4) 容器内の圧力 p_2 が、圧力 p_1 の半分になるときのピストンの質量 m を g , p_0 , S を用いて表せ。

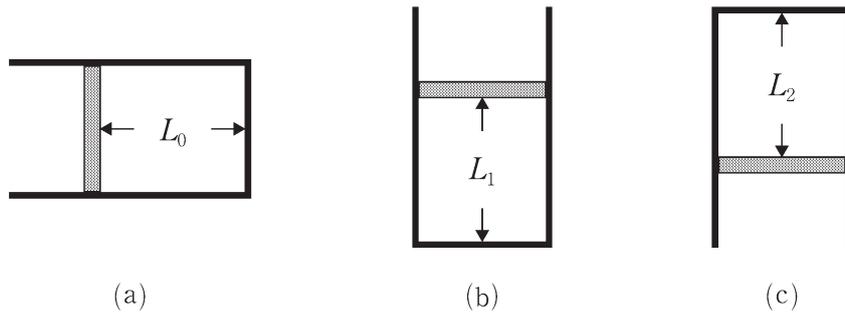


図 3 - 1

つぎに、断熱材でできた円筒形の容器およびピストンを用いて同様の操作を考える。容器を図3-2(a)の水平の状態から、ゆっくりと図3-2(b)の鉛直上向き
の状態にしたところ、容器内の圧力は p_3 、容器の底からピストンまでの距離は L_3 、温度は T となった。断熱変化における圧力と体積の関係は、
(圧力) \times (体積) $^{\frac{5}{3}}$ = 一定、である。

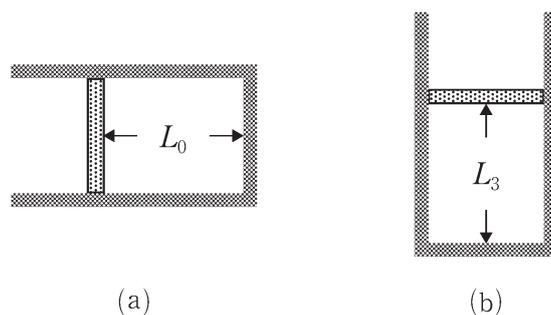


図3-2

- (5) 容器の底からピストンまでの距離 L_3 を p_0 , p_3 , L_0 を用いて表せ。
- (6) 気体の温度 T を L_0 , L_3 , T_0 を用いて表せ。
- (7) 図3-2(a)の状態と図3-2(b)の状態における気体の内部エネルギーの差の大きさを、 n , R , L_0 , L_3 , T_0 を用いて表せ。

物理

〔Ⅳ〕 音を特徴づける音の三要素(高さ, 大きさ, 音色)について考える。このとき次の文の に入れるべき数式や数値を解答欄に記入せよ。ただし, (7)には図4-3の(イ)~(ニ)から正しい文字を選んでその文字を記せ。

音は, 伝わる媒質を構成する粒子の変位による縦波である。質量 m の各粒子が単振動している場合を考えよう。単振動している粒子の変位は正弦波で表すことができるので, 振幅 A , 振動数 f , 初期位相 θ を用いると, 時刻 t における粒子の変位は, $y =$ (1) のように表される。1つめの要素である音の「高さ」は波の振動数に対応しており, 図4-1の①と②のような波形を持つ2つの音の場合, 波形②の振動数は, 波形①に比べて (2) 倍大きいので, 波形②の音の方が波形①の音に比べて高く聞こえる。

2つめの要素である音の「大きさ」は波の振幅に対応した量であるが, これに対してエネルギーに基づいた「強さ」を2つめの要素に入れることもある。波のエネルギーを単振動のエネルギーであると考えると, 単振動している粒子の最大の速さは A と f を用いて (3) となるので, 力学的エネルギーは, m, A, f を用いて (4) となる。したがって, 図4-1のような波形を持つ音の場合, 波形②の音の強さは, 波形①の音に比べて (5) 倍強い。

3つめの要素は音の「音色」である。楽器の音は, 構成粒子の単純な単振動ではなく複雑な振動による縦波である。そのため, 粒子の変位を1つの正弦波で表すことができず, いろいろな振幅や振動数の正弦波が重ね合わさった複雑な波形をしている。この波形の違いが音色の違いとなり, 私たちは楽器の音を区別できる。例えば, 基本振動で生じる基本音と, 基本振動数の整数倍で表されるいくつかの倍音が重なったある閉管の楽器は, 図4-2のような波形をしている。この楽器の基本音の振動数は, 楽器の長さを L , 音の速さを V とすると, L と V を用いて (6) と表せる。ところで, 図4-3は4つの異なる楽器の音の振動数を分析したグラフであり, 横軸は基本音を基準とした振動数の比, 縦軸は音の強さを表している。例えば, 図4-2のような波形を持つ楽器の音は, その振動数を分析すると図4-3の (7) のような特徴を持つことがわかる。

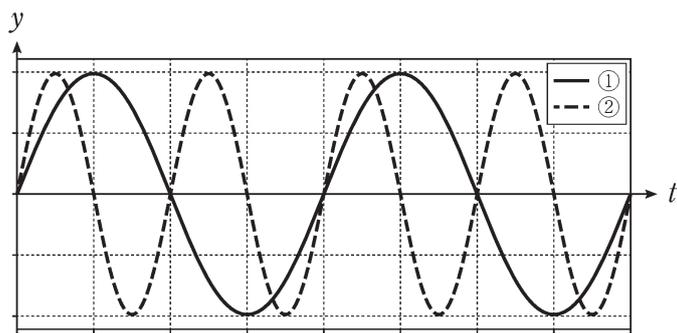


図 4 - 1

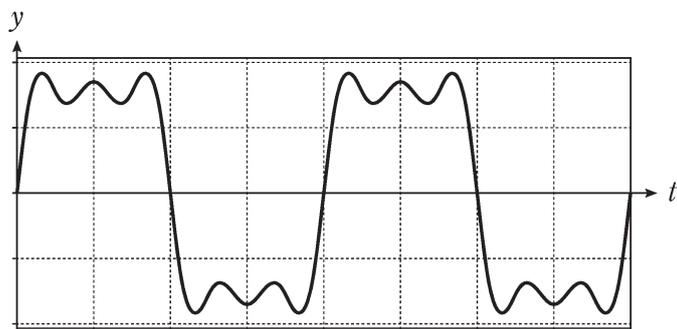


図 4 - 2

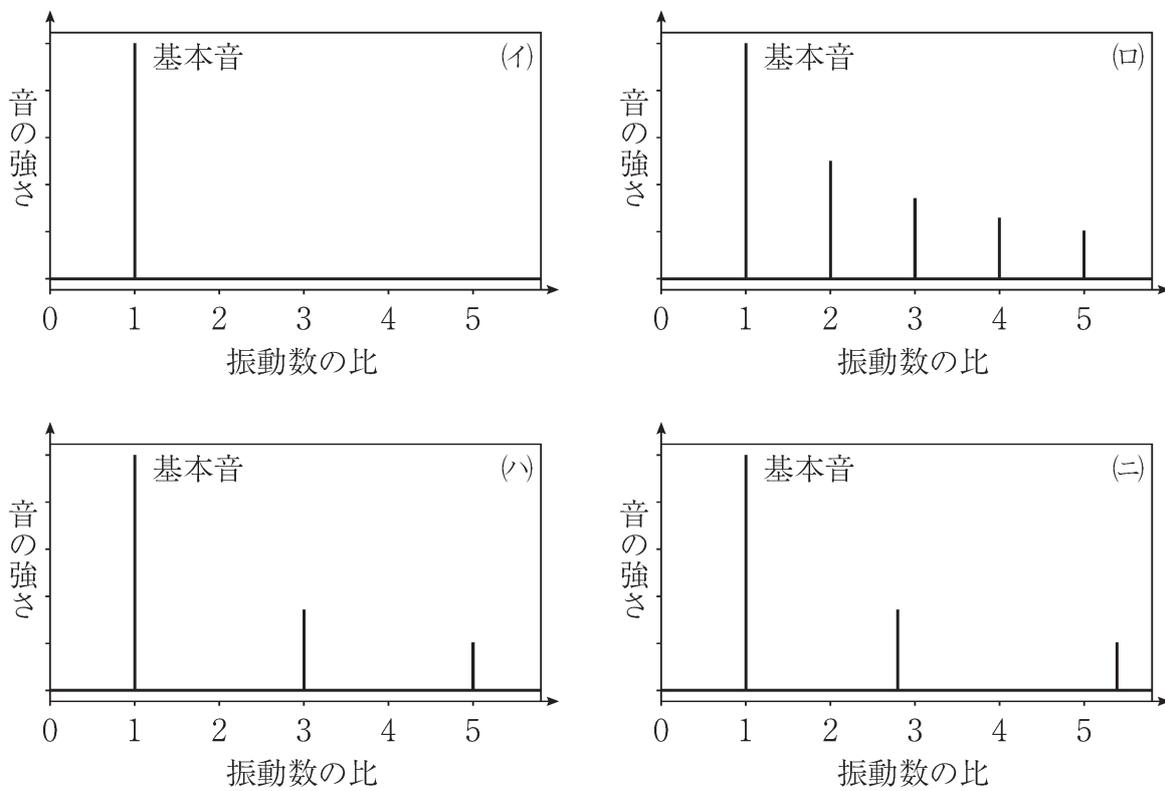


図 4 - 3