

平成 22 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理・Ⅱ 化 学
Ⅲ 生 物・Ⅳ 地 学

2 月 25 日 (木) (情—自然) 13 : 45—15 : 00

(理・医・工・農) 13 : 45—16 : 15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、51 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報文化学部自然情報学科志望者には 16 枚(物理 3 枚, 化学 5 枚, 生物 3 枚, 地学 5 枚), 医学部志望者と農学部志望者には 11 枚(物理 3 枚, 化学 5 枚, 生物 3 枚), 工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚, 化学 5 枚)ある。
4. 落丁, 乱丁, 印刷不鮮明の箇所などがあつたら, ただちに申し出よ。
5. 情報文化学部自然情報学科志望者は, 物理, 化学, 生物, 地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。
理学部志望者は, 物理, 化学, 生物, 地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし, 物理, 化学のいずれかを必ず含むこと。
医学部志望者と農学部志望者は, 物理, 化学, 生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。
工学部志望者は, 物理と化学の 2 科目を選択して解答せよ。
6. 解答にかかる前に, 答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し, 自分が選択する科目の答案紙の, それぞれの所定の 2 箇所を受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には, 大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には, 受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは, 退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

I

物 理

問題は次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの3題ある。3題すべてに解答せよ。

解答は、答案紙の所定の欄の中に書け。計算欄には、答にいたるまでの過程の要点(法則、関係式、論理、計算など)を書け。

物理 問題 I

図1のように、水平な床の上に質量 $2m$ の水平な台を置き、大きさが無視できる2つの小物体 A, B の台の上面での運動を考える。紙面に垂直な方向の運動は考えない。小物体 A, B の質量はともに m とする。台の上面のうち PQ 間はなめらかであり、この区間では台と小物体 A, B との間の摩擦は無視できる。QR 間には摩擦があり、小物体 A, B と台の上面 QR 間との間の静摩擦係数は μ 、動摩擦係数は μ' である。また、小物体 A と小物体 B の衝突における反発係数(はねかえり係数) e は $0 < e < 1$ を満たす。重力加速度を g として、以下の問いに答えよ。

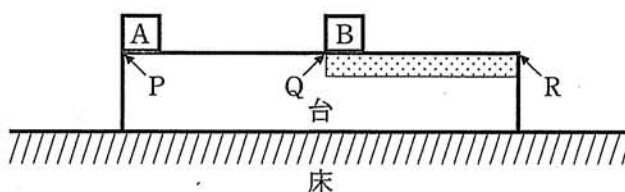


図1

はじめに、台を床に固定具で固定し、小物体 B を台上から取り除く。台上での小物体 A の運動を考える。図2のように、小物体 A を台の上面の P 点から初速度 v_0 で右向きに滑らせたところ、小物体 A は Q 点から距離 l_1 だけ離れた台上の点で静止した。

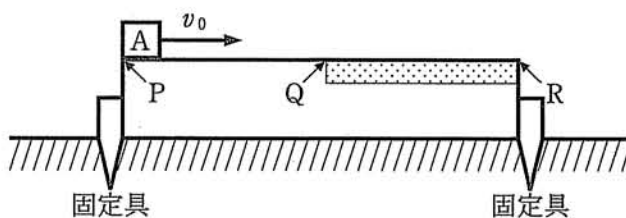
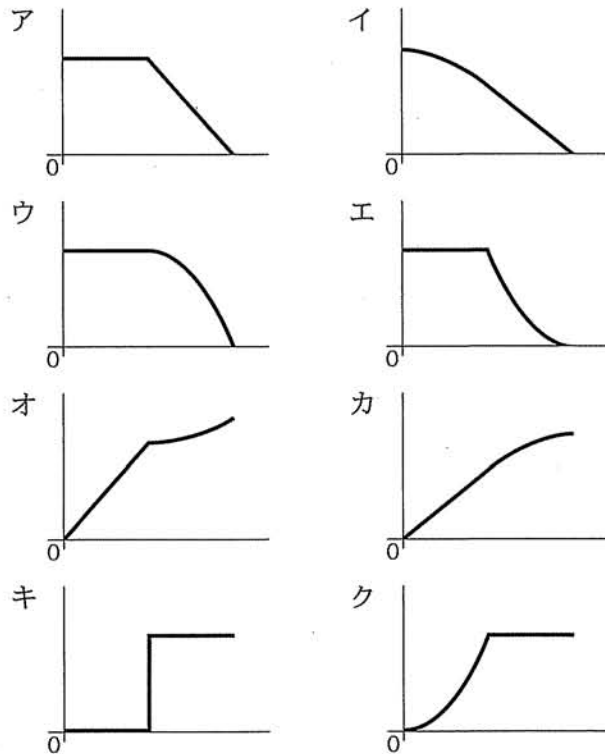


図2

設問(1)：運動をはじめてから静止するまでの小物体 A の運動を考える。(a)小物体 A の速度の時間変化, (b)運動エネルギーの時間変化, (c)P 点から小物体 A までの距離の時間変化を示すグラフとして適切なものを次のア～クからそれぞれひとつずつ選べ。ただし, グラフの横軸は小物体 A が運動を開始してからの時間を表し, 縦軸は速度, 運動エネルギー, または距離を表すものとする。



設問(2)：距離 l_1 を, m, μ, μ', e, g, v_0 の中から適切なものを用いて表せ。

次に、台を床に固定具で固定したまま、小物体 B を台上の Q 点に静かに置く。
 図 3 のように台の上面の P 点から、初速度 v_0 で小物体 A を右向きに滑らせると、小物体 A と小物体 B は衝突を起こし、衝突後、Q 点からそれぞれ右に距離 l_2 、 l_3 だけ離れた台上の点に静止した。

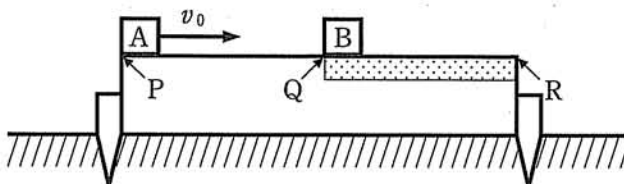


図 3

設問(3)：衝突直後の小物体 A と小物体 B の運動エネルギーを、 m 、 μ 、 μ' 、 e 、 g 、 v_0 の中から適切なものを用いてそれぞれ表せ。

設問(4)：距離 l_3 と距離 l_2 との差 $l_3 - l_2$ を、 m 、 μ 、 μ' 、 e 、 g 、 v_0 の中から適切なものを用いて表せ。

次に、台を床に固定する固定具を取り外し、台が床の上を自由に滑ることができるようにする。床と台との間の摩擦は無視できる。静止した台の上の Q 点に小物体 B を静かに置く。図 4 のように、台上の P 点から初速度 v_0 で小物体 A を右向きに滑らせると、小物体 A と小物体 B は衝突した。衝突直後の台の速度は 0 であった。小物体 A は、小物体 B との衝突後、QR 間の点で台との間の相対速度が 0 となり、以降は台と一体となって運動した。さらにその後、小物体 B は、QR 間の点で台との間の相対速度が 0 となり、以降は台と一体となって右向きに速度 V_1 で運動した。

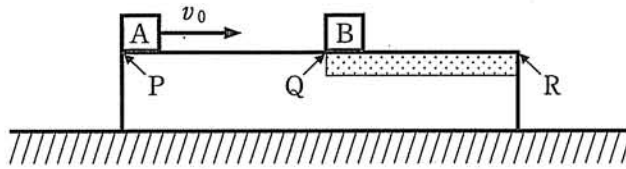


図 4

設問(5)：速度 V_1 を、 m 、 μ 、 μ' 、 e 、 g 、 v_0 の中から適切なものを用いて表せ。

設問(6)：小物体 A と台との間の相対速度が 0 となってから、小物体 B と台との間の相対速度が 0 となるまでの間の台の運動を考える。小物体 A と小物体 B が台に及ぼす力をすべて解答欄の図中に矢印で示し、それらの力の大きさを解答欄の図中に数式で記せ。解答に際しては、力の向きに留意して矢印を図示せよ。数式は、 m 、 μ 、 μ' 、 e 、 g 、 v_0 の中から適切なものを用いて表せ。

物理 問題Ⅱ

図1のように、電池(起電力 V)、抵抗1(抵抗値 $2R$)、抵抗2(抵抗値 $2R$)、抵抗3(抵抗値 $4R$)、抵抗4(抵抗値 R)、コンデンサー(電気容量 C)、コイル(自己インダクタンス L)、スイッチ S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 からなる回路がある。はじめ、すべてのスイッチは開いており、コンデンサーに電荷はたくわえられていない。電池の内部抵抗、導線およびコイルの抵抗は無視できる。以下の手順にしたがい、スイッチを開閉していく。各設問に答えよ。ただし、設問(1)~(5)には、 V, R, C, L から適切なものを用いて答えよ。

コンデンサーを充電するために、スイッチ S_1 と S_3 を閉じ、じゅうぶんに長い時間をおいた。

設問(1)：コンデンサーにたくわえられているエネルギーを求めよ。

設問(2)：電池のした仕事を求めよ。

設問(3)：抵抗1で発生したジュール熱を求めよ。

次に、スイッチ S_1 を閉じたまま、 S_3 を開き、さらに S_2, S_4, S_5 を閉じ、じゅうぶんに長い時間をおいた。

設問(4)：コイルに流れる電流 I_L を求めよ。ただし、 I_L は図1において、下向きを正とする。

設問(5)：コイルにたくわえられているエネルギーを求めよ。

最後に、スイッチ S_2 , S_4 , S_5 を閉じたまま、 S_1 を開いた。なお、 S_3 は開いたままであった。

設問(6) : S_1 を開いた直後に抵抗 1 に流れる電流 I_1 および抵抗 2 に流れる電流 I_2 を求めよ。ただし、 I_1 , I_2 は図 1 において、右向きを正とする。この設問には I_L を用いて答えよ。

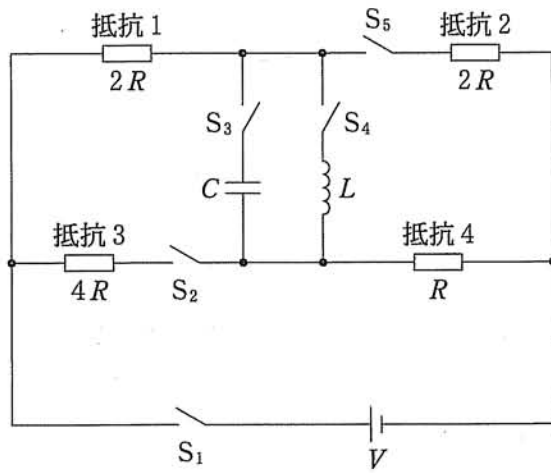


図 1

物理 問題Ⅲ

図1のように左側が閉じられ右側が開いている長さ $14L$ 、断面積 A の円筒管に n モルの理想気体を厚さ L のピストンで封じてある。理想気体の温度は円筒管の管底に接する温度調節器によって自由に調節できる。気体定数を R とする。

円筒管は横向きに固定されており、ピストンは横になめらかに動く。ピストンの右側には円筒管に平行に張られた糸の一端が取り付けられている。糸の他端には図1のように滑車を通して質量 M のおもりがつるされている。糸の質量はおもりの質量に比べて十分小さいものとする。ピストンが動くと、滑車からおもりまでの糸の部分(以下鉛直弦と呼ぶ)の長さも変化する。鉛直弦の長さが x のとき、ピストンで封じられた空間の横方向の長さは $x + L$ であるとする。この装置のまわりには空気があり、空気中の音速を v_0 、空気の圧力を p_0 とする。重力加速度を g とする。

鉛直弦をはじくと、鉛直弦は滑車とおもりを固定端として振動する。このとき発生した音波が空気中を伝わり、ピストンの右側にある円筒管内の空気を振動させる。鉛直弦や空気の振動によって、ピストンと滑車の間の糸、ピストン、おもり、滑車、円筒管、理想気体が振動することはないものとする。また、開口端補正は考えなくてよい。

以下の設問に答えよ。設問には、問題文中に与えられた物理量の中から適切なものを用いて答えよ。

設問(1)：鉛直弦の長さを x 、鉛直弦を伝わる横波の速さを v として、鉛直弦が基本振動するときの波長と振動数を求めよ。

設問(2)：ピストンの右側から円筒管の開口部へかけては閉管とみなすことができる。鉛直弦の長さを x として、この閉管部の気柱に節が m 個 ($m = 1, 2, 3, \dots$) の定常波ができるときの振動数 f_m を求めよ。

設問(3)：鉛直弦を基本振動させる。温度調節器を用いて理想気体の温度を変えることによりピストンを少しずつ動かして鉛直弦の長さ x を変えたとき、いくつかの長さにおいて鉛直弦から発生した音波が円筒管の気柱と共鳴する。このとき鉛直弦を伝わる横波の速さ v は鉛直弦の長さ x によらず一定で $v = \frac{v_0}{4}$ であったとする。 $L < x < 12L$ の範囲で共鳴が生じる鉛直弦の長さ x をすべて求めよ。

設問(4)：鉛直弦の長さ x が、設問(3)で求めた値と等しくなる時の理想気体の温度をすべて求めよ。

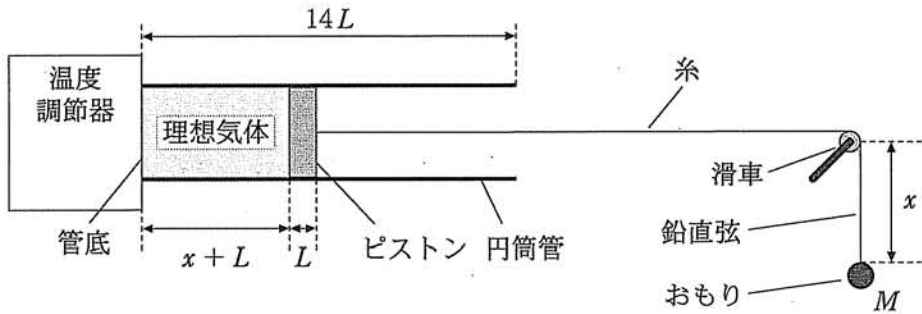


図 1

草 稿 用 紙
(切りはなしてはならない)