入学試験問題

理　　科

(配点 120 点)

平成 22 年 2 月 26 日　　9 時 30 分—12 時

注意事項

1 試験開始の合図があるまで，この問題冊子を開いてはいけません。

2 この問題冊子は全部で 67 ページあります(本文は物理 4 ～15 ページ，化学 16～29 ページ，生物 30～49 ページ，地学 50～67 ページ)。落丁，乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら，手を挙げて監督者に知らせなさい。

3 解答には，必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用しなさい。

4 解答は，1 科目につき 1 枚の解答用紙を使用しなさい。

5 物理，化学，生物，地学のうちから，あらかじめ届け出た 2 科目について解答しなさい。

6 **解答用紙の指定欄に，受験番号(表面 2 箇所，裏面 1 箇所)，科類，氏名を記入しなさい。指定欄以外にこれらを記入してはいけません。**

7 **解答は，必ず解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。**

8 解答用紙表面上方の指定された(　　)内に，その用紙で解答する科目名を記入しなさい。

9 解答用紙表面の上部にある切り取り欄のうち，その用紙で解答する科目の分を 1 箇所だけ正しく切り取りなさい。

10 **解答用紙の解答欄に，関係のない文字，記号，符号などを記入してはいけません。また，解答用紙の欄外の余白には，何も書いてはいけません。**

11 この問題冊子の余白は，草稿用に使用してもよいが，どのページも切り離してはいけません。

12 解答用紙は，持ち帰ってはいけません。

13 試験終了後，問題冊子は持ち帰りなさい。

◇M6 (753—104)

物　　理

第1問　途中で宙返りするジェットコースターの模型を作り，車両の運動を調べることにした。線路は水平な台の上に図1に示すように作った。車両はレールに乗っているだけであり，線路からぶら下がることはできない。車両の出発点である左側は斜めに十分高いところまで線路がのびている。中央の宙返り部分は半径 R の円軌道であり，左右の線路となめらかにつながっている。円軌道の最下部は台の上面に接しており，以後高さは台の上面から測る。車両の行き先である右側の線路も十分に長く作られているが，高さ R 以上の部分は傾斜角 θ の直線であり，この部分では車両と線路の間に摩擦が働くようにした。すなわち，ここでは2本のレールのあいだを高くしてあり，そこに車両の底面が乗り上げて滑る。傾斜角 θ は，この区間での動摩擦係数 μ を用いて，$\tan\theta = \mu$ となるように設定されている。線路のそれ以外の場所ではレール上を車輪がころがるので，摩擦は無視することができる。重力加速度の大きさを g とし，車両の大きさと空気抵抗は無視して，以下の問いに答えよ。

Ⅰ　質量 m_1 の車両Aが左側の線路上，高さ h_1 の地点から初速度0で動き始める。車両Aが途中でレールから離れずに，宙返りをして右側の線路に入るために h_1 が満たすべき条件を求めよ。

次に，左側の線路につながる円軌道部分の最下点に質量 m_2 の車両Bを置いた。車両Aは円軌道に入る所で車両Bと衝突する。

Ⅱ　衝突後2つの車両が一体となって動く場合を考える。車両Aは左側の線路の高さ h_2 の地点から初速度0で動き始める。一体となった車両がレールから離れずに宙返りするために，h_2 が満たすべき条件を求めよ。

Ⅲ　2つの車両が弾性衝突をする場合を考える。車両Aは左側の線路の高さ h_3 の地点から初速度0で動き始める。車両Aは衝突後，直ちに取り除く。

(1)　衝突後に車両Bがレールから離れずに宙返りするために，h_3 が満たすべき条件を求めよ。

(2)　h_3 が(1)で求めた条件を満たす場合，車両Bは宙返り後，右側の線路を進む。右側の線路での最高到達点の高さ h_4 を求め，最高点到達後の車両のふるまいを述べよ。

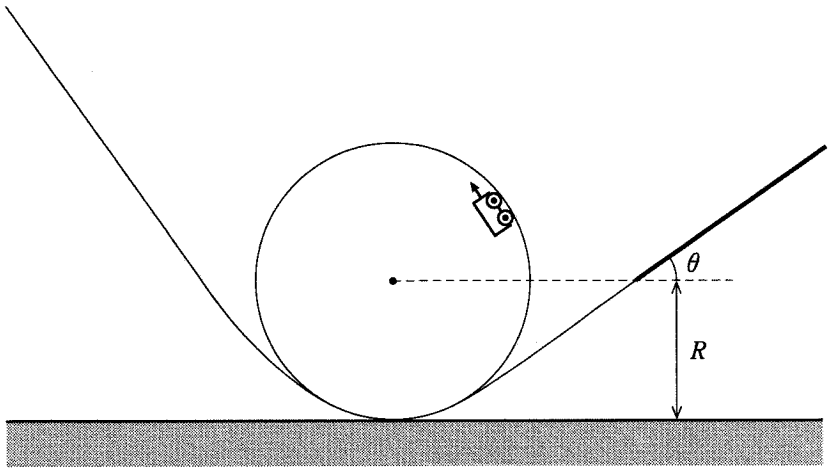

図1

計　算　用　紙

（切り離さないで用いよ。）

計　算　用　紙

（切り離さないで用いよ。）

第2問　図2のように，水平面上に2本の導体レールを間隔lで平行に置き，磁束密度の大きさがBである一様な磁場を鉛直下向きに加えた。導体レールの上には，長さl，抵抗値Rの棒を導体レールと直角をなすように乗せた。導体レールには，図に示したように，4つの抵抗1，2，3，4と，起電力Vの電池，スイッチをつないだ。抵抗1，2，3の抵抗値はRであり，抵抗4の抵抗値は$3R$である。自己誘導，導体レールと導線の抵抗，電池の内部抵抗は無視できる。

Ⅰ　棒が導体レールに固定されているとき，以下の問いに答えよ。

(1)　最初，スイッチは開いている。このとき，棒に流れる電流の大きさI_1を求めよ。

(2)　次にスイッチを閉じた。このとき，棒に流れる電流の大きさI_2を求めよ。

(3)　(2)のとき，棒に流れる電流が磁場から受ける力の大きさを求めよ。また，その向きは図中(イ)，(ロ)のどちらか。

Ⅱ　次にスイッチを閉じたまま，導体レールの上を棒が自由に動けるようにしたところ，棒は導体レールの上を動き始めた。以下の問いに答えよ。ただし，導体レールは十分に長く，棒はレールから外れたり落ちたりすることはない。また，棒が受ける空気抵抗，導体レールと棒の間の摩擦は無視できる。

(1)　棒の速さがv_1になったとき，抵抗3に流れる電流が0になった。v_1を求めよ。

(2)　十分に時間がたつと，棒は速さv_2で等速運動をしていた。v_2を求めよ。

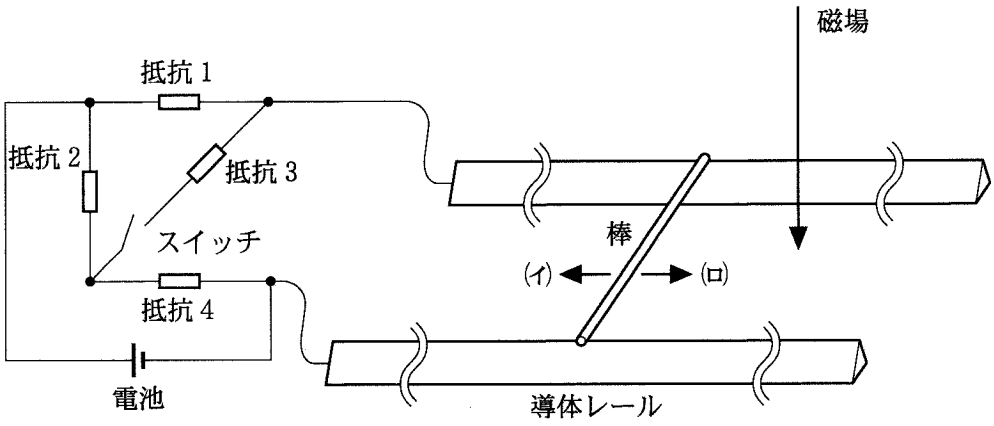

図 2

計　算　用　紙

（切り離さないで用いよ。）

計　算　用　紙

（切り離さないで用いよ。）

第3問　管の中では気柱の共鳴という現象が起こるが，そのときの振動数を固有振動数と呼ぶ。なお，以下で用いる管は細いので，開口端補正は無視する。

Ⅰ　管の長さをL，空気中の音速をVとして以下の問いに答えよ。

(1)　管の両端が開いているときの固有振動数のうち，小さいほうから3番目までの振動数を求めよ。

(2)　管の一端が開いていて，他端が閉じられているときの固有振動数のうち，小さいほうから3番目までの振動数を求めよ。

Ⅱ　長さ1mの透明で細長い管の左端に膜をはり，この膜を外部からの電流によって微小に振動させ，管の中に任意の振動数の音波を発生できるようにした。管は水平に置かれ，内部には細かなコルクの粉が少量まかれていて，空気の振動の様子が見えるようになっている。管の右端をふたで閉じて，音波の振動数をゆっくり変化させた。振動数を400 Hzから700 Hzまで変化させたとき，519 Hzと692 Hzで共鳴が起こり，空気の振動の腹と節がコルクの粉の分布ではっきりと見えた。なお，他の振動数では共鳴は起こっていない。

(1)　692 Hzでの共鳴のときの空気の振動の節の位置を管の右端からの距離で答えよ。

(2)　この条件を用いて，音速Vを求めよ。

Ⅲ　次に，Ⅱで行った実験では閉じられていた右端を開いて，振動数を400 Hzから700 Hzまで変化させた。今度は振動数がf_1とf_2で共鳴が起こり，管は大きな音で鳴った。ここで，$f_1 < f_2$である。f_1とf_2を求めよ。

Ⅳ　この装置を自転車に載せてサッカー場に行った。固有振動数f_1の音を出しながら，図3に示すように，サイドライン上をA点からC点に向かって一定の速さvで走る。C点にはマイクロフォンと増幅器とスピーカーがあり，マイクロフォンでとらえた音を増幅してスピーカーで鳴らす。三角形BCDが正三角形になるように，サイドライン上にB点とD点を設定する。D点で装置からの音と

スピーカーからの音を聞く。風の影響は無視して以下の問いに答えよ。

(1) 2つの音源からの音は，干渉によりうなりを生じる。B点からの音とスピーカーからの音が干渉して生じるうなりの振動数を，音速 V，自転車の速さ v，振動数 f_1 を用いて表せ。

(2) 自転車がB点を通過するときのうなりの振動数は2 Hzであった。この値を用いて自転車の速さを有効数字1桁で求めよ。なお，音速の値はⅡで求めたものを用いよ。

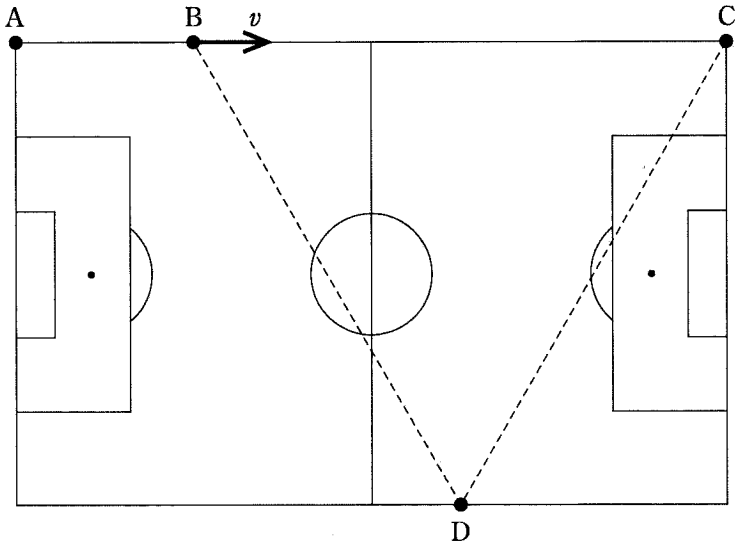

図3

計　算　用　紙

（切り離さないで用いよ。）

計　算　用　紙

（切り離さないで用いよ。）