平 成 25 年 度 入 学 試 験 問 題 (前期)

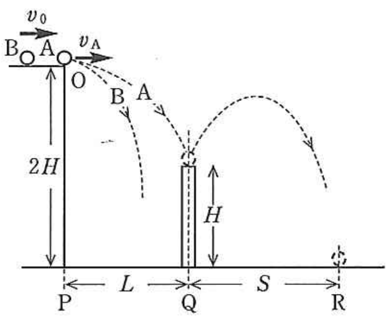
理　　　　科

注　　意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理，化学，生物のうちから2科目を選択し，別紙解答用紙に受験番号，氏名を記入すること。
   (ただし受験票，入学願書に記入した2科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理，化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号，氏名を記入し，全体に大きく╳印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合，及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合，その答案は無効とする。
6. 問題冊子は1冊，別紙解答用紙は各科目それぞれ1枚である。
7. 受験票は机上に出しておくこと。

物　理（前　期）　（その１）

Ⅰ　図のように，水平面上の点Pに高さ $2H$〔m〕の崖が垂直に立ち，崖の上は滑らかな水平面になっている。崖の端の点Oには質量 m〔kg〕の小球Aが置かれ静止している。点Pから距離 L〔m〕離れた点Qには高さ H〔m〕の薄いブロックが垂直に固定されている。ブロックの上部は滑らかな水平面である。



崖の上の面上で，質量 M〔kg〕の小球Bを速さ v_0〔m/s〕で小球Aに衝突させると，小球Aと小球Bはそれぞれ水平方向の速さ v_A〔m/s〕および v_B〔m/s〕で崖を飛び出し，落下した。小球Aは崖を飛び出した後，ブロックの上面で跳ね返り，点Qから S〔m〕離れた水平面上の点Rに落下した。小球AとBとの衝突は，直線PQと平行な一直線上の完全弾性衝突であり，小球Aとブロックとの衝突は非弾性衝突(はねかえり係数 e; $0 < e < 1$)であった。重力加速度を g〔m/s^2〕として，以下の問に答えよ。ただし，運動の向きは，水平方向は図の右向きを正，鉛直方向は上向きを正とする。

(1)　小球AとBが衝突した直後のそれぞれの速さ v_A および v_B を M，m，v_0 を用いて表せ。

(2)　小球AとBの両方が崖を飛び出すためには，M と m の間にはどんな関係がなければならないか。

(3)　v_A を M，m，H，L，g のうち適当なものを用いて表せ。

(4)　v_0 を M，m，H，L，g のうち適当なものを用いて表せ。

(5)　小球Aがブロックで跳ね返る直前の速度の鉛直成分 v_y〔m/s〕を M，m，H，L，g のうち適当なものを用いて表せ。

(6)　(a)　ブロックで跳ね返った直後の小球Aの速度の水平方向と鉛直方向の成分 V_x〔m/s〕，V_y〔m/s〕のそれぞれを M，m，H，L，g，e のうち適当なものを用いて表せ。

(b)　小球Aがブロック上で跳ね返ったのち，初めて水平面上に落ちるまでにかかる時間 T〔s〕を M，m，H，L，g，e のうち適当なものを用いて表せ。

(c)　点Qと点Rの間の距離 S を M，m，H，L，g，e のうち適当なものを用いて表せ。

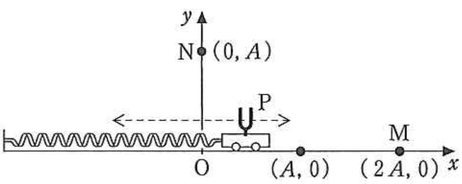
(d)　$S = 2L$ となるためには，e の値はいくらでなければならないか。

(7)　ブロックとの衝突で小球Aが失う力学的エネルギーを K〔J〕と表すとき，

(a)　K を M，m，H，L，g，e のうち適当なものを用いて表せ。

(b)　小球Aとブロックの衝突が完全弾性衝突であったとすれば，K の値はいくらになるか。

Ⅱ　図のように，一端が壁に固定されたバネの他端に，振動数 f_0〔Hz〕の音を発しているおんさPが乗った台車を取り付けて，水平な xy 平面の x 軸上を運動するようにこれを設置した。おんさや台車の大きさは無視できる。バネが自然長のときのPの位置を原点O(0，0)とする。Pを原点から A〔m〕離れた位置 $(A, 0)$ まで手で引いて，時刻 $t = 0$ のときに手を離したところ，Pは周期 T〔s〕で x 軸上を単振動した。空気中の音速を V〔m/s〕とし，Pの速さが V を上回ることはないものとして，以下の問に答えよ。π はそのまま残してよい。



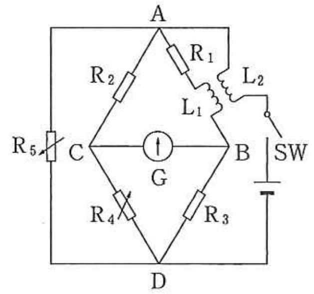
Pの x 座標を時刻 t を用いた式で表すと $x = A\cos\dfrac{2\pi}{T}t$ となる。Pの速さの最大値は(　①　)〔m/s〕である。

位置M$(2A, 0)$で音を観測するとき，Pが $(A, 0)$ の位置で発した音は(　②　)秒後にMに届き，振動数(　③　)$\times f_0$ の音として聞こえる。観測者が聞く振動数の最大値を f_{MAX}〔Hz〕と表すと，$f_{MAX} =$(　④　)$\times f_0$ である。この音はPの x 座標が(　⑤　)のときに発した音であり，Mに届くまでにかかった時間は(　⑥　)秒である。観測者が f_{MAX} を聞いてから最初に振動数 f_0 の音を聞くまでの時間は(　⑦　)秒である。

次に，位置N$(0, A)$で音を観測するとき，Pが発した音がNで振動数 f_0 の音として聞こえるPの座標は(　⑧　)ヶ所存在する。Pの速度を v_P〔m/s〕，x 軸の正の向きとベクトル $\overrightarrow{PN}$ のなす角を θ〔rad〕とすると，v_P の観測者方向への成分は，v_P，θ を用いて(　⑨　)と表される。Pが位置 $(\frac{A}{2}, 0)$ を原点方向に通過する時に発した音は振動数(　⑩　)$\times f_0$ としてNに届く。

物　理（前　期）　（その２）

III　自己インダクタンスL〔H〕の２つのコイルL_1，L_2を近づけておいたときの，２つのコイルの間の相互インダクタンスM〔H〕を測定するために，図のような回路を用意した。抵抗R_1，R_2，R_3はそれぞれ値P〔Ω〕，Q〔Ω〕，R〔Ω〕の固定抵抗，R_4，R_5は可変抵抗である。また，検流計Gの内部抵抗はr〔Ω〕とし，コイルL_1，L_2の抵抗はゼロとする。



測定は，スイッチSWを開閉したときも，その後も，検流計の針が常に振れることのないように可変抵抗R_4，R_5を調整して行う。A—B—Dに流れる電流をx〔A〕，A—C—Dに流れる電流をy〔A〕，抵抗R_5を流れる電流をz〔A〕とする。また，それぞれの電流の微少時間Δtの間の変化をΔx〔A〕，Δy〔A〕，Δz〔A〕とする。検流計の針が振れないようにしたときの抵抗R_4，R_5の値は，S〔Ω〕，W〔Ω〕であった。以下の文中の（　　）にP，Q，R，S，W，r，x，y，z，$\frac{\Delta x}{\Delta t}$，$\frac{\Delta y}{\Delta t}$，$\frac{\Delta z}{\Delta t}$のうち，適当なものを使った式あるいは等式を記入せよ。なお，⑩，⑫，⑬，⑭についてはP，Q，R，S，Wのみを用いて答えよ。

A—D間の電位差は，zを用いて表すと（　①　），yを用いて表すと（　②　）である。また，B—D間の電位差は（　③　），A—B間の電位差V_{AB}＝（　④　）＋L×（　⑤　）＋M×（　⑥　）である。

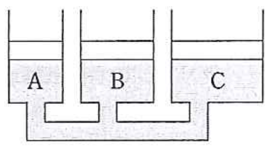
SWを閉じてから十分時間が経過すると電流は一定値になり，A—B間の電位差は（　⑦　）となる。A—B間とA—C間の電位差が等しいことから，等式（　⑧　）が成り立ち，また，B—D間とC—D間の電位差が等しいことから等式（　⑨　）が成り立つ。これらから，S＝（　⑩　）が求まる。

SWを開閉した直後は電流が変化している。x，y，zが変化しているときも検流計の針が振れないためには，A—B間とA—C間の電位差が等しくなければならない。すなわち，V_{AB}＝（　⑪　）でなければならない。

また，B—D間とC—D間の電位差が等しいことからy＝（　⑫　）×xであり，また，A—B—D間の電位差とA—R_5—D間の電位差が等しいことから，z＝（　⑬　）×xである。従って，ΔyとΔzをΔxで表すことができ，（　⑥　）＝（　⑭　）×$\frac{\Delta x}{\Delta t}$となる。以上から$\frac{\Delta x}{\Delta t}$がゼロでないときも検流計の針が振れないことから，$M=-L$÷（　⑭　）であることがわかる。$L$の前にマイナス符号があるのは，自己誘導による起電力と相互誘導による起電力の向きが逆になっていることを表している。

IV　以下の問に答えよ。

(1)　３本の円筒シリンダーA，B，Cが細管で連結されている。シリンダーの半径は，それぞれ3.0 cm，4.0 cm，5.0 cmである。シリンダーに水を入れ，水面には質量が無視できるほど軽い円型ピストンを装着した。ピストンは，シリンダー内の側面と密着しており，かつ滑らかに上下に動くことができる。シリンダーCのピストンの上に質量500 gのおもりをのせたとき，３つのピストンの高さを等しくするためには，シリンダーA，Bのピストン上にのせるおもりの質量をそれぞれいくらにすればよいか。さらにその後，シリンダーCのピストンの上に250 gのおもりを加えたとき，シリンダーA，Bのピストンはそれぞれ何cm上昇するか。必要ならば，大気圧はP〔Pa〕，水の密度は1.0 g/cm^3，円周率はπ，重力加速度はg〔m/s^2〕を用いよ。



(2)　容器に水を入れて，上皿はかりでその重さをはかると，550 gであった。球をバネはかりでつるして，この水の中に浸すと，バネはかりの目盛りは160 gで，上皿はかりの目盛りは630 gになった。球の密度はいくらか。水の密度は1.0 g/cm^{3}とする。

(3)　長さ60 cm，線密度5.0×10^{-4} kg/mの弦の両端を固定し，張力を45 Nかけて振動させると，両端のみを節とする定常波が生じた。この弦の基本振動数はいくらか。なお，この弦を伝わる波の速さv〔m/s〕は，張力をT〔N〕，線密度をρ〔kg/m〕とすると，$v=\sqrt{\frac{T}{\rho}}$である。

(4)　極板間の距離を変えられる平行平板コンデンサーがある。このコンデンサーとあるコイルを用いて共振回路を作った。コンデンサーの極板間の距離がd_0〔m〕のとき，回路の共振周波数がf_0〔Hz〕であった。コンデンサーの極板間の距離だけを変えることによって，回路の共振周波数を$3f_0$とするには，コンデンサーの極板間の距離d〔m〕をいくらにすればよいか。