物　　　理

教育学部　200点

注　意　事　項

1. 問題は，$\boxed{1}$ から $\boxed{4}$ までの計４問です。
2. $\boxed{1}$ から $\boxed{4}$ までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は，（４の１）から（４の４）までの計４枚です。解答は，すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに，<u>**本学の受験番号**</u>を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後，問題冊子および計算用紙は持ち帰りなさい。

1 図1のように，摩擦のない水平な床の上に，質量 m〔kg〕の台がある。台の上面も摩擦がなく水平になっており，その左右両端には鉛直な壁が設けられている。台の上には，一端が左端の壁に固定されたばね定数 k〔N/m〕のばねと，質量 m〔kg〕の小球が置かれている。

はじめ一方の手で台を固定し，もう一方の手で小球をばねに押し付け，ばねが自然長から d〔m〕だけ縮んだ状態を作った。その後，台と小球から同時かつ静かに手を放したところ，床に対して小球は右向きに，台は左向きに運動し始めた。そして，ばねが自然長に戻ったところで小球がばねから離れ，小球と台の床に対する速度がそれぞれ v_0〔m/s〕と V_0〔m/s〕になった。やがて，小球は台の右端の壁と衝突し，左向きにはね返った。ここで，台と小球の間の反発係数(はね返り係数)を e $(0 < e < 1)$ とし，物体は常に同一直線上を運動すると考え，ばねの質量，小球の大きさおよび空気抵抗は無視できるものとする。また，速度は右向きを正とする。

(1) 速度 v_0 および V_0 を，k，m，d を用いてそれぞれ表せ。

(2) 衝突直後における，小球の床に対する速度 v_1〔m/s〕と，台の床に対する速度 V_1〔m/s〕を，e，v_0 を用いてそれぞれ表せ。

(3) (2)の衝突で失われた力学的エネルギー ΔE〔J〕を，k，e，d を用いて表せ。

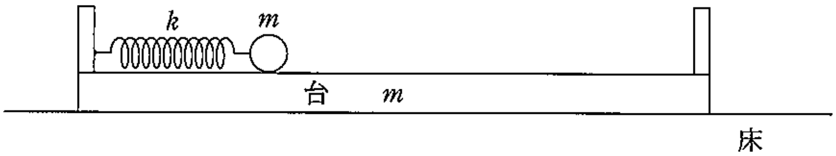

図1

図 2 のように，台からばねを取り除き，台の上面の一部に質量 m〔kg〕の斜面を固定した。台と斜面とは接着されており，斜面の上面も摩擦はなく，台の上面と斜面は滑らかに接続されているものとする。

いま，台と斜面を床に対して静止させた状態で，台の上に置かれた小球のみに初速度 u_0〔m/s〕を与えたところ，小球は台と斜面の上面から離れることなく運動し，台も床から離れることはなかった。小球が斜面に沿って上昇し，台の水平面から高さ h〔m〕の点 X で折り返したとするとき，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕として，以下の問いに答えよ。

(4) 点 X に到達した瞬間の小球の床に対する速度 v_2〔m/s〕を，u_0 を使って表せ。

(5) 力学的エネルギーの保存の法則により，u_0 を g と h を使って表せ。

(6) 小球は点 X に達してから下降し，再び水平面上を通過する。このときの小球の床に対する速度 v_3〔m/s〕と，台の床に対する速度 V_3〔m/s〕を，それぞれ求めよ。また，小球の台に対する相対速度 v'_3〔m/s〕を答えよ。

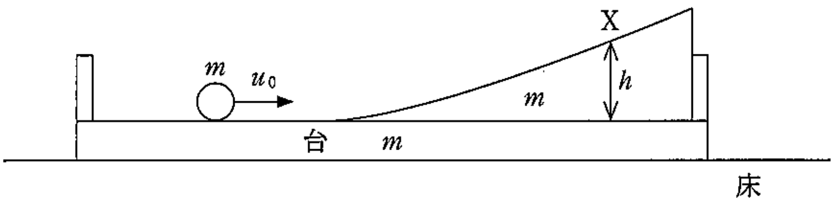

図 2

2 次の〔Ⅰ〕と〔Ⅱ〕について，説明を読みながら，以下の問い(1)～(7)に答えよ。

〔Ⅰ〕 断熱容器の中に温度t_1〔℃〕，質量M_1〔g〕の水が入っている。ここから以下の3つの実験を続けて行った。

【実験1】 断熱容器の中に温度t_2〔℃〕，質量M_2〔g〕の水を加えて十分にかき混ぜると，容器内の水の温度はt_3〔℃〕になった。

【実験2】 この水の中に消費電力がP〔W〕の電熱器を入れて，かき混ぜながら沸騰しない程度に加熱して，水の温度をt_4〔℃〕にした。

【実験3】 設定温度をt_4〔℃〕よりも低いt_5〔℃〕にした冷蔵庫内で十分に冷却した質量M_3〔g〕の金属片を容器内の水に沈めた。その後，かき混ぜながら十分に時間がたった後に水の温度を測定すると，その温度はt_6〔℃〕になっていた。

これらの実験にあたっては，断熱容器の中と外との熱の出入りはないものとし，容器，電熱器，かき混ぜに用いた道具のそれぞれの熱容量と，かき混ぜの仕事は無視できるものとする。また，電熱器では消費電力のすべてが熱となり，その熱はすべて水に伝わるものとし，水の比熱はC_{w}〔J/(g・K)〕とする。

(1) 温度t_3〔℃〕を求めよ。

(2) 電熱器による加熱に要した時間x〔s〕を求めよ。ただし，t_3を用いてもよい。

(3) 金属片の比熱C_{m}〔J/(g・K)〕を求めよ。

(4) 実験3について，水温t_6〔℃〕を読みまちがえて実際よりも高い水温によって，金属片の比熱の値を求めた。求めた金属片の比熱の値は，正確な水温により求めた比熱の値に対して，どのようになると予想されるか，以下の(ア)～(ウ)から選んで記号で答えよ。

(ア) 誤った水温により求めた比熱の値は，正確な水温により求めた比熱の値よりも大きくなる。

(イ) 誤った水温により求めた比熱の値は，正確な水温により求めた比熱の値と同じである。

(ウ) 誤った水温により求めた比熱の値は，正確な水温により求めた比熱の値よりも小さくなる。

〔Ⅱ〕 図3に示すように，なめらかに動くピストンを備えたシリンダー内に，単原子分子の理想気体がn〔mol〕入っている。ピストンの質量は無視でき，シリンダー内の気体の漏れはないものとする。シリンダー内のピストンと反対側には温度調節装置が備えられていて気体を加熱あるいは冷却できるが，気体とピストンやシリンダーとの熱のやりとりはないものとする。また，気体定数はR〔J/(mol·K)〕とし，定積モル比熱$C_V=\frac{3}{2}R$，定圧モル比熱$C_p=\frac{5}{2}R$である。

図4に示した状態Aがシリンダー内の気体の初期状態であり，このときの気体の温度，圧力，体積はそれぞれT_A〔K〕，p_1〔Pa〕，V_1〔m^3〕であった。この状態から温度調節装置に操作を加えて，気体の状態をA→B→C→D→Aという順に変化させた。状態BとCの圧力はともに，p_2〔Pa〕であり，状態Cと状態Dの体積はともにV_2〔m^3〕であった。以下の問いに答えよ。

(5) 状態B，C，Dのときの各温度T_B，T_C，T_D〔K〕について，T_A，p_1，p_2，V_1，V_2のうち必要なものを用いて表せ。

(6) A→B，B→C，C→D，D→Aの各変化のときに，気体が吸収した熱量あるいは放出した熱量の大きさをそれぞれ$Q_{A\to B}$，$Q_{B\to C}$，$Q_{C\to D}$，$Q_{D\to A}$〔J〕とする。

(a) これらの熱量の大きさをそれぞれT_A，n，R，p_1，p_2，V_1，V_2のうち必要なものを用いて表せ。

(b) それぞれの熱量について，気体が熱を吸収したときには「吸収」，逆に気体が熱を放出したときには「放出」と記せ。

(7) $\frac{p_2}{p_1}=2$，$\frac{V_2}{V_1}=2$としたとき，A→B→C→D→Aを熱機関のサイクルとしてみたときの熱効率eを分数により答えよ。その際，導出過程も示せ。ここでの熱効率とは，気体が吸収した熱量のうち，気体が外部にした仕事の割合とする。

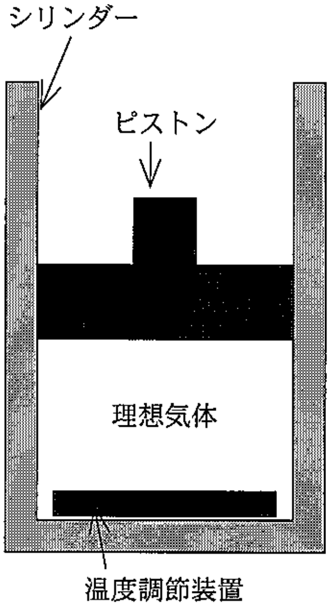

図 3

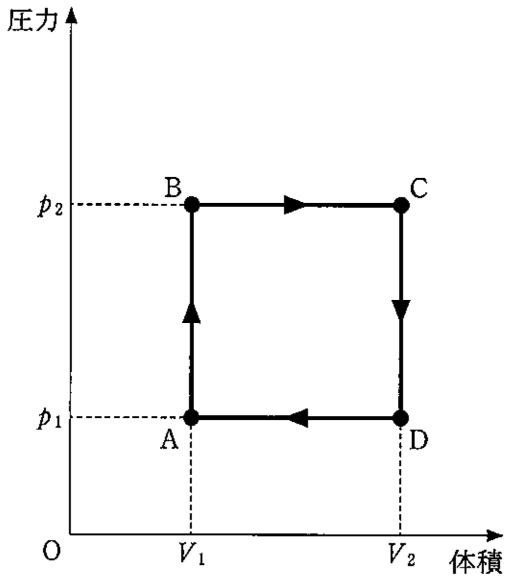

図 4

3 次の〔Ⅰ〕，〔Ⅱ〕，〔Ⅲ〕について，説明を読みながら，問い(1)~(6)に答えよ。

〔Ⅰ〕 x 軸の正の向きに進む，波長が 9 m の正弦波がある。原点 $x = 0$ m の媒質の変位 y〔m〕と時刻 t〔s〕の関係は図 5 のように表される。円周率を π とするとき，次の問いに答えよ。

(1) 時刻 t〔s〕での原点の媒質の変位 y〔m〕を，t を用いて表せ。

(2) 時刻 t〔s〕での位置 x〔m〕の媒質の変位 y〔m〕を，x，t を用いて表せ。

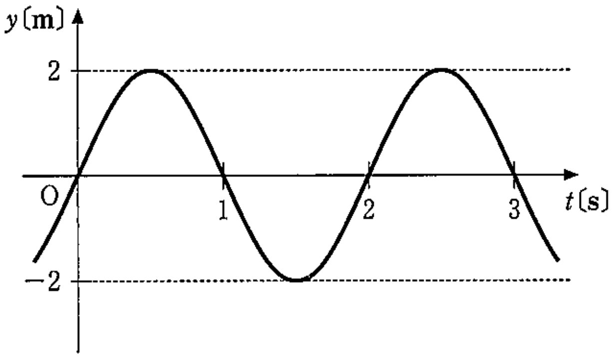

図 5

〔II〕 図6に示すようなある時刻での媒質の変位 y〔m〕と位置 x〔m〕の関係をもつ孤立した波が，x 軸の正の向きに速さ 1 m/s で進み，固定端 P で反射するとき，次の問いに答えよ。

(3) 5秒後の y と x の関係を図示せよ。ただし，1目盛を 1 m とする。

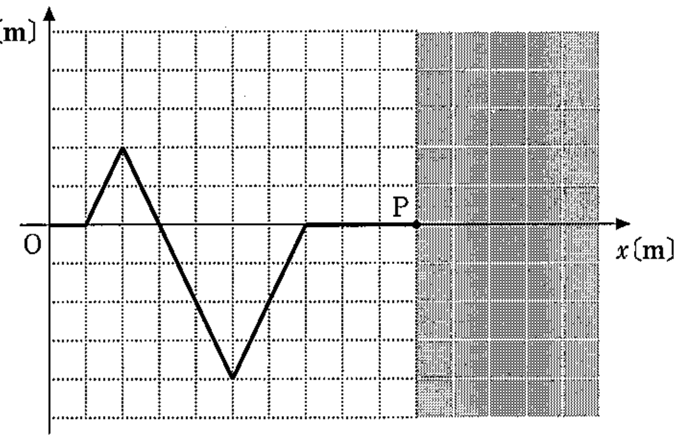

図6

〔Ⅲ〕 音源が，直線上を速さ 10 **m/s** で移動する。風は吹いておらず，観測点は，音源が移動する直線上に静止，または同一直線上を移動している。音速を 340 **m/s** とするとき，次の問いに答えよ。ただし，各設問で振動数は一定とする。

(4) 図 7 (a)のように，音源が静止した観測点に向かって移動しながら，3.4 秒間だけ音を出したとする。音源が 660 **Hz** で振動するとき，観測点で観測する音の振動数と，継続時間を求めよ。

(5) 図 7 (a)のように音源が静止した観測点に向かって移動するときと，図 7 (b)のように音源が観測点から遠ざかるときに観測した音波の振動数が 68 **Hz** 異なるとき，音源の振動数を求めよ。

(6) 図 7 (c)のように，音源と観測点が同一直線上を同じ向きに進む。音源の振動数が 550 **Hz** で，観測点が音源の前方を速さ 7 **m/s** で移動するとき，観測点で観測する音波の振動数は何 **Hz** か求めよ。

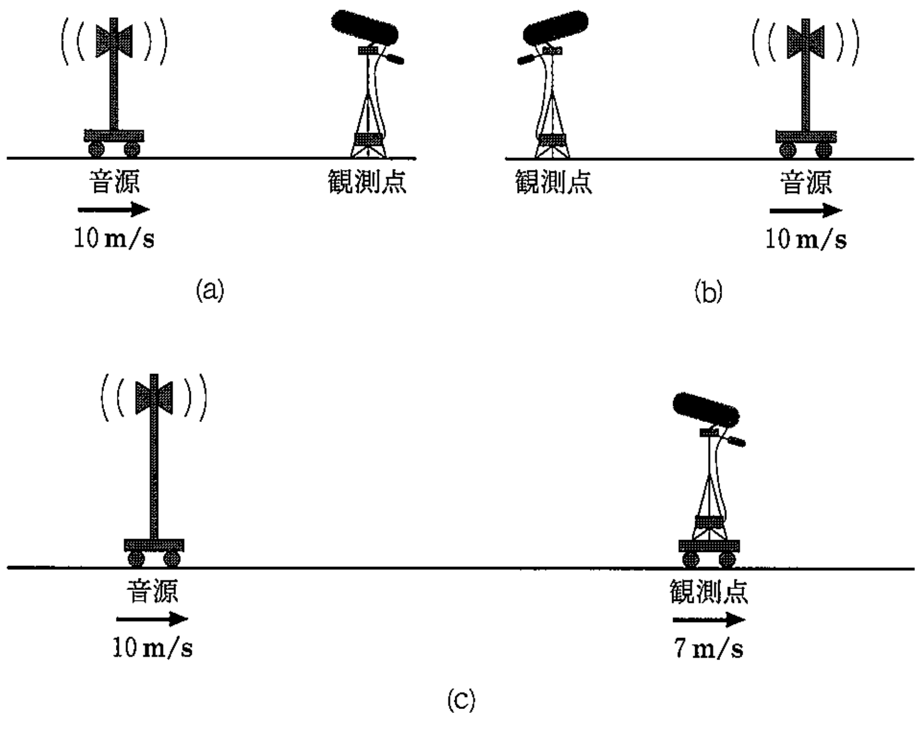

図 7

4 図8のように，平面内に互いに直交する x 軸と y 軸をとる。この平面は d〔m〕隔てた x 軸に平行な境界Ⅰ，Ⅱによって3つの領域に分けられている。境界Ⅰより y の増加する方向を領域1，境界Ⅰと境界Ⅱの間を領域2，境界Ⅱより y の減少する方向を領域3とする。領域1，3には，平面に垂直な磁束密度 B〔T〕の一様な磁場を紙面裏から表に向けてかけている。領域2には，y 軸正の向きに一様な電場 E〔N/C〕をかけている。質量 m〔kg〕，電荷 q〔C〕の荷電粒子が速さ v〔m/s〕で y 軸正の向きに境界Ⅰ上の点 P_0 から領域1に入射した後，この平面内を運動する。以下の問い(1)～(6)に答えよ。ただし，点 P_0 の x 座標を x 軸の原点とし，荷電粒子は真空中を重力の影響を受けずに運動するものとする。また，荷電粒子は領域2を通過するものとし，必要であれば，円周率を π とせよ。

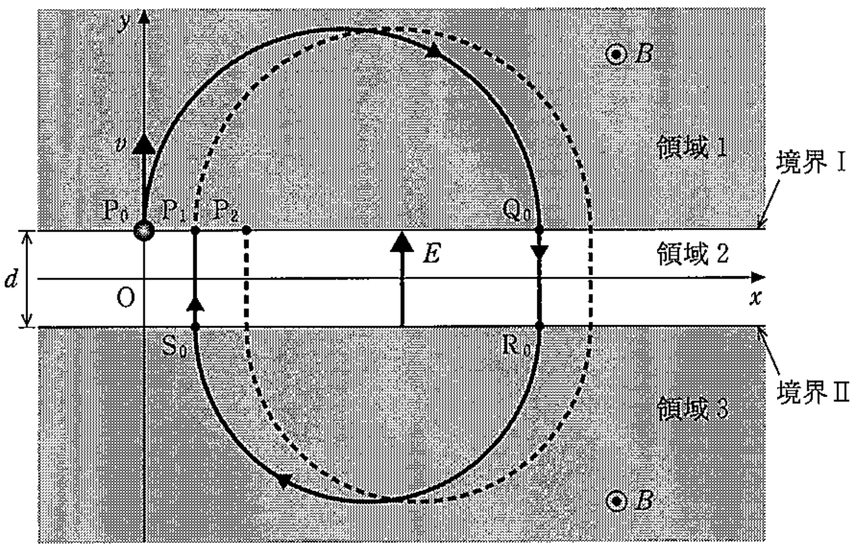

図8

(1) 領域1において，荷電粒子が時計回りに半円を描いて境界Ⅰ上の点 Q_0 に到達した。荷電粒子の電荷の符号は正か負か答えよ。

(2) 領域1において荷電粒子が磁場から受ける力の大きさと，点 Q_0 に到達したときの荷電粒子の速さを求めよ。

(3)　荷電粒子が点Q_0から領域2を通過して境界Ⅱ上の点R_0に到達した。この間における荷電粒子の運動エネルギーの変化を求めよ。

(4)　荷電粒子は領域3で時計回りに半円を描いて境界Ⅱ上の点S_0に到達した。点S_0のx座標を求めよ。

(5)　荷電粒子が点P_0から点Q_0に到達するまでの時間と，点R_0から点S_0に到達するまでの時間を求めよ。

(6)　荷電粒子が点S_0から領域2を通過し，点P_0から入射された後初めて境界Ⅰをy軸正の向きに通過する点をP_1とする。同様に，荷電粒子が点P_0から入射された後n回目に境界Ⅰをy軸正の向きに通過する点をP_n($n = 1, 2, \cdots$)とするとき，点P_nのx座標を求めよ。