滋賀医科大学

平成 26 年度
医学科一般入試(前期日程)問題

理　　　科

(注　意)

1. 問題冊子は試験開始の合図があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほか 22 ページである。
3. 試験中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせること。
4. 問題は物理，化学，生物のうち 2 科目を選択し，選択した科目の解答用紙のすべてに受験番号及び氏名をはっきり記入すること。
5. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に明瞭に記入すること。
6. 解答に関係のないことを書いた答案は，無効にすることがある。
7. 選択しない科目の解答用紙は，試験開始 120 分後に監督者が回収するので，大きく╳印をして机の左側に置くこと。
8. 本学受験票を机の右上に出しておくこと。
9. 試験時間は 150 分である。
10. 問題冊子は持ち帰ってもよいが，解答用紙は持ち帰らないこと。

物　　　　理 (3 問題)

Ⅰ　以下の文中の $\boxed{}$ に入る適当な式を，{　　}に入る適当な語句の記号を記入し，設問に答えよ。(配点 33)

原点に固定された質量 M の物体 A のまわりを，万有引力により質量 m の物体 B が等速円運動をしているとする。円の半径が r であるとき，この 2 つの物体間にはたらく力の大きさは万有引力定数を G として $\boxed{①}$ である。一方，等速円運動をしている物体 B の速さを v とすると向心力の大きさは m，r，v を用いて $\boxed{②}$ である。物体間にはたらく引力が円運動での向心力になっているから，v は r を用いて $v = \boxed{③}$ と表される。物体 B と同じように，物体 A からの引力だけで物体 A のまわりを半径 R で等速円運動をしている別の物体 C があるとすると，R が r と比べて大きい($R > r$)ときは物体 C の速さ V は v と比べて{④　ア．$V > v$　イ．$V = v$　ウ．$V < v$}であることが問③の結果からわかる。

問 1　太陽のまわりを公転する地球の速さは問③の結果を用いて見積もることができる。地球は質量 $M = 2.0 \times 10^{30}$ kg の太陽のまわりを近似的に半径 $r = 1.5 \times 10^{11}$ m の等速円運動をしていると考え，公転の速さ[km·s^{-1}]を求めよ。ただし，$G = 6.75 \times 10^{-11}$ N·m^2·kg^{-2} とする。

さて，仮に等速円運動をしている物体 B の速度は変わらずに質量だけが何らかの原因で突然変わったとすると，物体 B の運動はその後{⑤　ア．円運動を続ける　イ．楕円軌道に変わる　ウ．放物線の軌道を描くようになる}。

問 2　問⑤の結果が得られる理由を記せ。

物体 A から万有引力を受けている物体の位置エネルギーは，その位置から無限に遠方まで移動させたときに万有引力がする仕事に負号をつけたものである。それは物体 A からの距離に逆比例することが知られており，無限に遠方では 0 である。物体の力学的エネルギーはこの位置エネルギーと運動エネルギーとの和である。半径 r で速さ v の等速円運動をしている物体 B について，問③の結果を用いて力学的エネルギー E を求めると $E = \boxed{⑥}$ となり，その値は負である。

さて，仮に等速円運動をしている物体 B の質量と運動の方向は変わらずに速さだけが何らかの原因で突然減少して v' になった($0 < v'$)とすると，物体の運動はその後{⑦　ア．円運動を続ける　イ．楕円軌道に変わる　ウ．放物線の軌道を描くようになる}。

問 3　等速円運動をしている物体Ｂの質量と運動の方向は変わらずに速さだけが何らかの原因で突然増加して力学的エネルギーの値が正になったとする。それから十分時間が経過したときの物体Ｂのふるまいを理由とともに述べよ。

Ⅱ 以下の文中の $\boxed{}$ に入る適当な式を，{　　　}に入る適当な語句の記号を記入し，設問に答えよ。(配点 34)

図1のように，断面が一辺 L の正方形で高さが H である中空の四角柱Qが，絶縁体でできた水平な台の上を摩擦なしに速さ v_0 で左方向へ直線的に動いている。Qは厚さ a の金属の薄板でできている。ただし，a は L よりも十分小さいとする。Qの前方には鉛直下向きに磁束密度 B の一様な磁場が存在する。磁場の境界面は，Qの左側面と平行であるとする。台の床からの高さは h であり，その左端は磁場の中にある。Qの質量を m とし，長さ $4L$，断面積 aH の金属の薄板に電流が流れるときの電気抵抗を R とする。

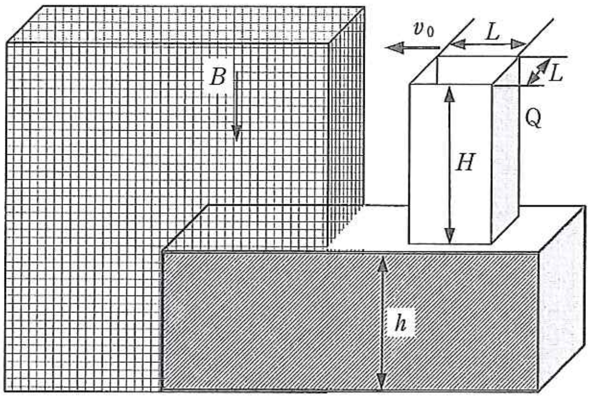

図1

Qの左端が磁場に入ると，Qには上から見て{① ア．右回り　イ．左回り}の電流が流れる。その電流によってQは進行方向と{② ア．逆　イ．同じ}向きの力を受け，速さが変化する。Qが完全に磁場に入った後にはQの速さは{③ ア．増大する　イ．一定になる　ウ．減少する}。

次に，Qが磁場に入っていく際の速さの変化を考えよう。

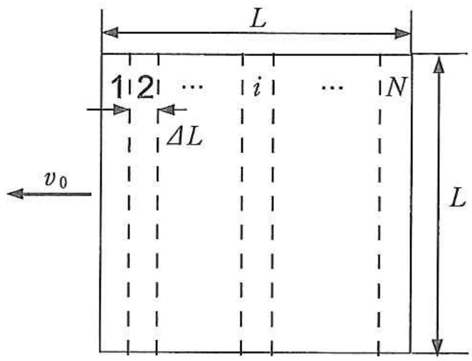

図2

図2は上から見たときのQの断面であり，Qを左側面に平行に N 個の領域に分割し，1から順に番号をつける。ここで，N は十分大きいとし，分割の際，金属板の厚さ a による影響は無視できるものとする。$\Delta L = \dfrac{L}{N}$ であるとすると，ひとつの領域の断面積は図2のように $L \times \Delta L$ である。i 番目の領域を考え，その左端が磁場境界に達したときのQの速さを v_i とし，i 番目の領域の右端が磁場境界に達するまで v_i は変化しないものとする。i 番目の領域の左端が磁場に入ってから右端が磁場に入るまでに要する時間 Δt_i は，$\Delta t_i = \dfrac{\Delta L}{v_i}$ で与えられる。i 番目の領域が磁場に入ることによるQの断面を貫く磁束の変化 $\Delta\phi_i$ を B，L，v_i，Δt_i で表すと，$\Delta\phi_i =$ $\boxed{④}$ である。この磁束の変化によってQ内部に起電力が生じ，電流 I_i が流れる。電流 I_i を B，L，v_i，R で表すと，$I_i =$ $\boxed{⑤}$ となる。一方，この電流によってQが磁場から受ける力 F_i を I_i，B，L で表すと $F_i =$ $\boxed{⑥}$ である。ただし，I_i の作る磁場の磁束密度は B と比較して無視してもよいとする。i 番目の領域が磁場に入ることによって磁場から受ける力積がQの運動量の変化に等しいことから，Qの速さの差 $v_{i+1} - v_i$ が求められ，これを ΔL，B，L，m，R で表すと，$v_{i+1} - v_i =$ $\boxed{⑦}$ となる($1 \leqq i \leqq N$)。ただし，v_{N+1} はQが磁場に完全に入ったときの速さであるとする。

問 1　v_{N+1} を v_0, B, L, m, R で表せ。

Q が完全に磁場の中に入りその右端が台の端に達した後，Q は重力により，放物線を描いて落下する。簡単のため，落下の際 Q は回転しないものとする。

Q が落下を始めてから床に着くまでに Q が水平方向に進む距離(飛距離)は金属によって変わる。$a = 0.1\ \mathrm{mm}$, $L = 5\ \mathrm{cm}$, $H = 10\ \mathrm{cm}$ であるとし，以下で 2 種類の金属 α, β による飛距離の違いを考える。金属 α は，密度 $2.5\ \mathrm{g/cm^3}$, 抵抗率 $3 \times 10^{-8}\ \Omega\cdot\mathrm{m}$, 金属 β は，密度 $8.0\ \mathrm{g/cm^3}$, 抵抗率 $1 \times 10^{-7}\ \Omega\cdot\mathrm{m}$ である。

問 2　質量 m および抵抗 R をそれぞれの金属について求めよ。

問 3　台の床からの高さ $h = 0.049\ \mathrm{m}$, 磁束密度 $B = \dfrac{2\sqrt{6}}{25}\ \mathrm{T}$, 速さ $v_0 = 2.0\ \mathrm{m/s}$ であるとき，飛距離をそれぞれの金属について計算せよ。ただし，重力加速度の大きさは $g = 9.8\ \mathrm{m/s^2}$ とする。

金属でできた筒が磁場に入る場合には，上記の問題のように速度が変化し，その変化の大きさは材質によって大きく異なる。このような性質は，スチール缶とアルミ缶の分別などに利用されている。

Ⅲ　以下の文中の $\boxed{}$ に入る適当な式を，｛　　｝に入る適当な語句を記入し，設問に答えよ。(配点 33)

熱容量 C_L，絶対温度(温度) T_L の物体Lと，熱容量 C_H，温度 T_H $(T_L < T_H)$ の物体Hがある。この2つの物体の間だけで熱が移動するとき，熱は物体Hから物体Lに移動し，外部から何らかの操作をしない限り，始めの状態にもどすことはできない。このような変化を｛ ① ｝という。

問 1　熱容量と物質の暖まりやすさ，冷めやすさの関係を簡潔に述べよ。また，C_H に対して C_L の値が非常に大きい場合，熱平衡に到達したときの温度はどうなるか記せ。

外部からの仕事により低温側から高温側に熱を移動させる装置をヒートポンプという。以下では，ヒートポンプをモデル化して，圧力・体積制御可能な容器に入れられた1 mol の理想気体Gを用いて，物体Lから物体Hに熱を移動させる場合を考える。その際，理想気体Gの圧力と体積は図1のように変化するものとする。気体定数を R，理想気体の定積モル比熱を C_V とし，容器の熱容量は考えなくてよい。理想気体Gが断熱変化する場合，気体の圧力 P と体積 V は，PV^{γ} = 一定という関係を満たしながら変化するものとする。ただし，γ は定数で $\gamma > 1$ である。

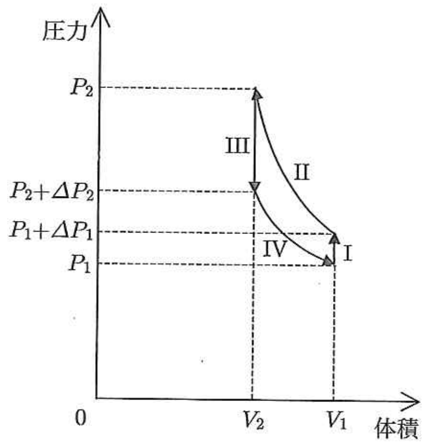

図 1

(過程Ⅰ)：圧力 P_1，体積 V_1，温度 T_1 $(T_1 < T_L)$ の理想気体Gの体積を一定に保ったまま，物体Lとの間で熱のやり取りをさせた。熱平衡に到達すると理想気体Gの圧力は $P_1 + \Delta P_1$ に，温度は $T_1 + \Delta T_1$ になった。このとき，$T_1 + \Delta T_1$ は，C_V，C_L，T_1，T_L を用いて $\boxed{②}$ と表される。理想気体Gの内部エネルギー変化は C_V と ΔT_1 を用いて $\boxed{③}$ と書ける。したがって，物体Lから理想気体Gが得た熱量 q は，C_V，C_L，T_1，T_L を用いて $\boxed{④}$ と表される。

(過程Ⅱ)：理想気体Gを断熱圧縮して，圧力 P_2，体積 V_2，温度 T_2 $(T_2 > T_H)$ の状態にした。この過程で理想気体Gが外部からされた仕事は，$\alpha = (P_1 + \Delta P_1)V_1{}^{\gamma} = P_2V_2{}^{\gamma}$ とおくと，$\dfrac{\alpha}{\gamma - 1}(V_2{}^{-\gamma+1} - V_1{}^{-\gamma+1})$ となることが知られている。これを，R，γ，$T_1 + \Delta T_1$，T_2 を使って表すと $\boxed{⑤}$ と書ける。一方，熱力学第一法則より，理想気体Gが外部からされた仕事を C_V，$T_1 + \Delta T_1$，T_2 を用いて表し，問⑤の結果と比較すると，$\gamma = \boxed{⑥}$ であることがわかる。

(過程Ⅲ)：理想気体Gの体積を一定に保ったまま，物体Hとの間で熱のやり取りをさせた。熱平衡に到達した後，理想気体Gの圧力は$P_2 + \Delta P_2$に，温度は$T_2 + \Delta T_2$になった。理想気体Gが物体Hに与えた熱量QはC_V，C_H，T_2，T_Hを用いて $\boxed{\quad ⑦ \quad}$ と表される。

(過程Ⅳ)：理想気体Gを断熱膨張させると，圧力P_1，体積V_1，温度T_1の状態にもどった(循環過程)。過程Ⅳの始状態と終状態の体積と温度について成り立つ関係式は，V_1，V_2，T_1，$T_2 + \Delta T_2$，γを用いて $\boxed{\quad ⑧ \quad}$ と書ける。

T_1，T_2は$T_1 < T_L < T_H < T_2$を満たすように選ばれるが，図1のような循環過程が成り立つとき，T_1を定めるとT_2が決まってしまう。それは，T_1，$T_1 + \Delta T_1$，T_2，$T_2 + \Delta T_2$の間の関係式で表される。

問 2　過程Ⅱの始状態と終状態の体積と温度について成り立つ関係式をV_1，V_2，$T_1 + \Delta T_1$，T_2，γを用いて表し，これと問⑧で得られた式から，T_1，$T_1 + \Delta T_1$，T_2，$T_2 + \Delta T_2$の間の関係式を求めよ。

この循環過程において，物体Lから物体Hへ熱を移動させるために，理想気体Gが外部からされた仕事をWとする。ヒートポンプの効率の指標となる値eを，$e = \dfrac{Q}{W}$と定義する。

問 3　W，q，Qの間に成り立つ関係式と，その関係式が得られる理由を記せ。

問 4　物体L，物体H，理想気体Gの熱容量が等しい場合について，$T_L = 280\,\mathrm{K}$，$T_H = 300\,\mathrm{K}$として，$T_1 = 260\,\mathrm{K}$，$T_2 = 324\,\mathrm{K}$のときのeの値を求めよ。導出過程も書くこと。

ヒートポンプを用いると，外部から加える仕事よりも大きな熱エネルギーを利用することが可能となる。この特徴は，空調設備などの省エネルギー化に役立てられている。