平成25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(月)(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，55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15枚(物理3枚，化学5枚，生物3枚，地学4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ったら，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箇所に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，長さ a の棒を，回転軸Aで壁に固定する。この棒に，長さ b の棒を，回転軸Bで連結する。長さ b の棒の下端は，回転軸Cで台に取り付けられていて，台は水平な床面を移動することができる。回転軸Aと回転軸Cの間には，ばね定数 k のばねが取り付けられている。平面ABCは鉛直面(紙面)内にある。ACは水平に保たれており，ばねと床は接触しない。回転軸Bに質量 M のおもりを糸でつるしたところ，回転軸BはACから高さ c の位置で静止した。すべての回転軸はなめらかに回転できるものとし，台と床の摩擦，糸，棒，回転軸，台およびばねの質量，棒および台の変形は無視できるものとする。重力は鉛直下向きに作用し，重力加速度の大きさを g とする。以下の設問に答えよ。

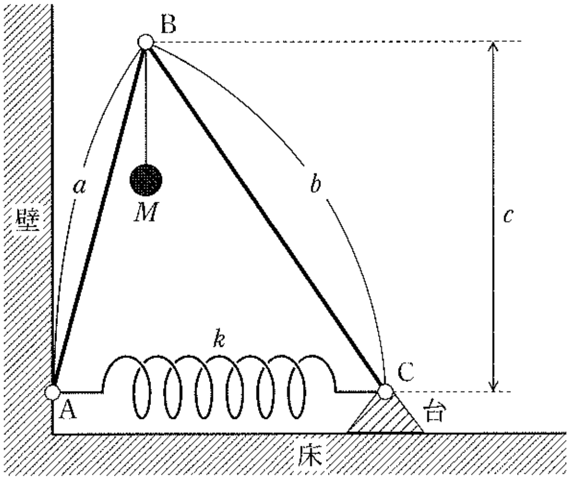

図1

床が台に及ぼす垂直抗力の大きさを N とし，AC間に働く力の大きさを T_{AC}，BC間に働く力の大きさを T_{BC} とする。また，ばねの自然長を l とする。

設問(1)：T_{BC} および T_{AC} を，N，a，b，c の中から適切なものを用いて表せ。

設問(2)：l を，N，a，b，c，k の中から適切なものを用いて表せ。

設問(3)：回転軸Aまわりの力のモーメントのつり合いを考えて，N を，M，g，a，b，c，k の中から適切なものを用いて表せ。

次に，断面積Sのシリンダーとピストンを用意する。シリンダー内部には単原子分子の理想気体が封じてあり，理想気体の圧力と温度が周囲の大気の圧力と温度と等しいときのシリンダーの底とピストンの距離をL_0とする。周囲の大気圧をp_0とする。

図2のように，BC間の棒をこのシリンダーとピストンのついた棒と取り換える。BC間の棒とシリンダーは常に一直線上にある。回転軸Bにつるしたおもりの質量がMのとき，BCの長さはd，回転軸BのACからの高さはe，シリンダーの底とピストンの距離はLであった。このとき，理想気体の温度は周囲の大気の温度と等しいとする。シリンダーとピストンおよび気体の質量は無視できるものとする。

AC間に働く力の大きさをT_{AC}，BC間に働く力の大きさをT_{BC}とする。

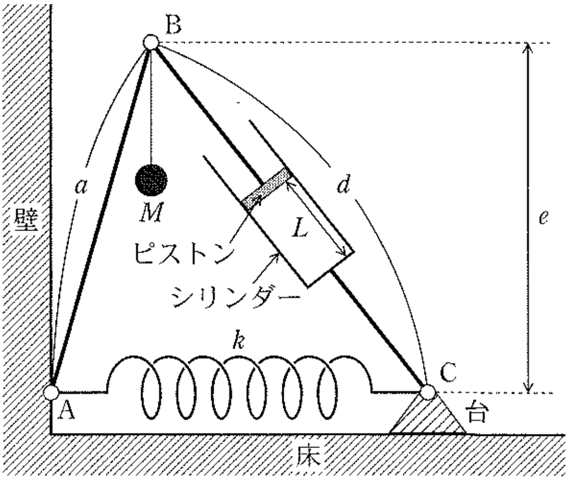

図2

設問(4)：L_0を，T_{BC}，M，g，L，d，k，p_0，Sの中から適切なものを用いて表せ。

理想気体に熱量ΔQを与えた。その結果，理想気体の温度はΔT，シリンダーの底とピストンとの距離はΔL，AC間の距離はΔx，おもりの高さはΔe増加した。理想気体と外部との熱の出入りはないものとする。また，ΔLはLと比べて十分に小さく，T_{AC}，T_{BC}の変化は無視できるものとする。

設問(5)：ΔLを，T_{BC}，ΔQ，M，g，d，k，p_0，Sの中から適切なものを用いて表せ。

設問(6)：Δeを，T_{AC}，T_{BC}，M，g，ΔL，Δx，p_0，Sの中から適切なものを用いて表せ。

物理　問題Ⅱ

真空中に固定された点電荷により生成される電場や，磁場中の荷電粒子の運動に関する以下の設問に答えよ。重力は無視できるものとし，クーロンの法則の真空中での比例定数を k とする。

設問(1)：xy 平面上の $(-a,\ 0)$ の位置に，正の電気量 Q を持つ点電荷 $\mathrm{P_1}$ を固定する。ここで a を正の定数とする。y 軸上の任意の点 $(0,\ y)$ における電場の大きさ E_1，および，無限遠を基準とした電位 V_1 を Q, k, a, y を用いて表せ。

設問(2)：点電荷 $\mathrm{P_1}$ に加え，$(a,\ 0)$ の位置に電気量 Q を持つ点電荷 $\mathrm{P_2}$ を固定する。y 軸上の任意の点 $(0,\ y)$ における電場の大きさ E_2，および，無限遠を基準とした電位 V_2 を Q，k，a，y を用いて表せ。

図1のように，点電荷 $\mathrm{P_1}$，$\mathrm{P_2}$ に加え，$(0,\ -2a)$ の位置に電気量 cQ を持つ点電荷 $\mathrm{P_3}$ を固定する。ここで c を正の定数とする。質量 m，正の電気量 q を持つ荷電粒子 p を，$(0,\ -a)$ に静かに置いた。設問(3)，(4)については，p は y 軸上のみを運動するものとする。

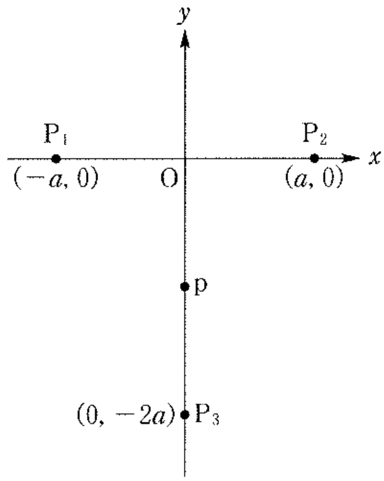

図1

設問(3)：荷電粒子 p が $+y$ 方向に運動を開始するための c が満たすべき条件を求めよ。

設問(4)：荷電粒子 p が y 軸上を $+y$ 方向に運動し続け，無限遠まで到達した場合，無限遠での速さ v を Q，q，c，m，k，a を用いて表せ。

荷電粒子pはy軸上を運動し，点電荷P_1，P_2，P_3から十分離れた領域に到達した。以下では，P_1，P_2，P_3による静電気力の影響を無視する。

図2のように，$-d \leqq x \leqq d$，$y \geqq L$の領域には，紙面に垂直で手前向きの磁束密度Bの磁場が，また，$x < -d$，$x > d$，$y \geqq L$の領域には同じ大きさで逆向きの磁場が，加えられている。ここでdとLを正の定数とする。y軸上を運動してきたpは$y = L$を横切った後，$y > L$の領域でy軸から離れ，pの速さに応じてxy平面内で異なった軌道をとった。ここで，pが$y = L$を横切った時刻を$t = 0$とする。

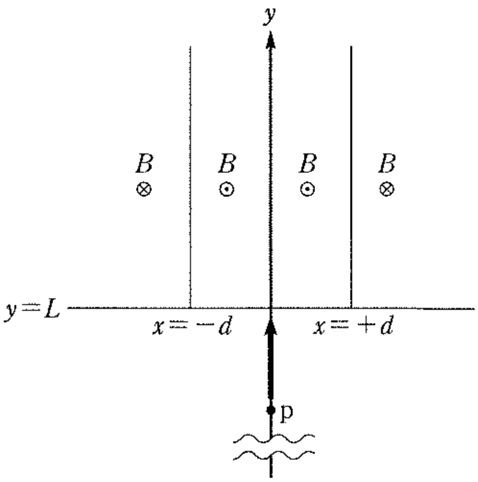

図2

設問(5)：以下の文章中 $\boxed{(ア)}$ では適切な符号を選び，$\boxed{(イ)}$ ～ $\boxed{(エ)}$ ではB，q，m，k，L，dの中から適切なものを用いて表せ。また以下の文章で示された荷電粒子pの運動の軌道を所定欄に描け。

荷電粒子pは速さv_1で$y = L$を横切った後，磁場によるローレンツ力のため曲がりながら運動し，$x =$ $\boxed{(ア)+，-}$ dをx軸に平行に横切った。このとき，v_1が満たすべき関係は$v_1 =$ $\boxed{(イ)}$ となる。pはさらに運動を続け，再び$x =$ $\boxed{(ア)}$ dを横切った。pが最初に$x =$ $\boxed{(ア)}$ dを横切った時刻は $\boxed{(ウ)}$ であり，2回目に横切った時刻は $\boxed{(エ)}$ である。

設問(6)：荷電粒子pが速さv_2で$y = L$を横切ったとき，pは$y \geqq L$の領域を運動した後，$y < L$の領域に戻って来た。v_2が満たすべき条件を，B，q，m，k，L，dの中から適切なものを用いて表せ。

物理　問題Ⅲ

図1のように，両端の開いた開管と，その中を自由に動けるピストンを用意する。右側の管口からピストンまでの距離をlとし，管口の中心をPとする。図2のように，Pをxy平面上の点$(-L,\ 0)$に固定する。ここでLを正の定数とする。さらに，一定の振動数f_0の十分大きい音を出し続けながら，xy平面上で自由に位置を変えられる音源を置く。開管，ピストンおよび音源は空気中に置かれているものとし，空気中を伝わる音の速さをVとする。また，開管の開口端補正は無視できるものとする。以下の設問に答えよ。

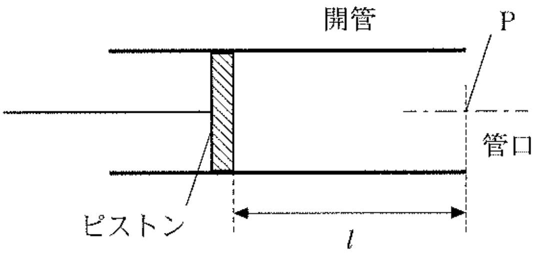

図1

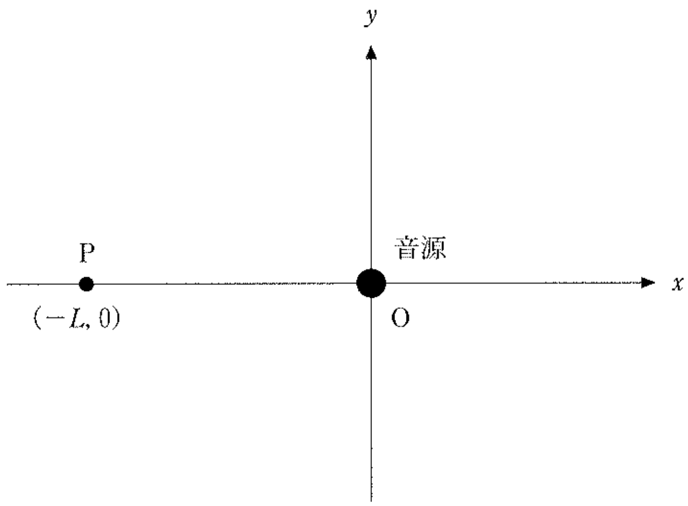

図2

設問(1)：音源を原点Oに固定し，開管の管口を音源の方向に向ける。ピストンを$l=0$の位置から左へゆっくり動かしたところ，$l=l_0$の位置で最初の共鳴が観測された。音の波長λ_0と振動数f_0を，V，l_0の中から適切なものを用いて表せ。

設問(2)：音源を，原点Oからx軸上を正の方向に一定の速さuで移動させる。ピストンが$l=l_0$の位置にあるとき共鳴は起こらず，$l=l_1$ $(l_1>l_0)$の位置までピストンをゆっくり動かしたところで，再び共鳴が観測された。uをV，l_0，l_1を用いて表せ。

次に，図3のように，音源をy軸上を負の領域から正の領域に向けて一定の速さwで移動させる。音源が原点Oを通過する時刻を$t=0$とし，時刻tにおける音源の位置をSとする。

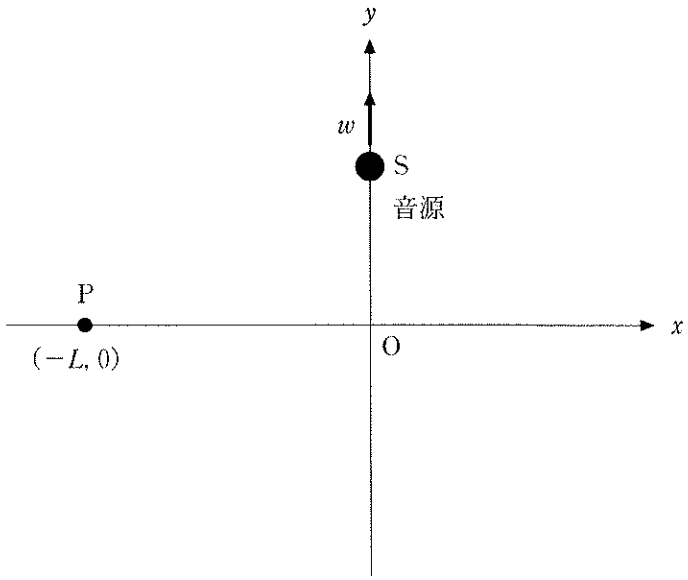

図3

設問(3)：Pにおいて観測される音の振動数を求めるために，以下の文章の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(オ)}}$ に入る数式を答えよ。

時刻 t において音源から出た音は，時刻 T にPに到達する。PS間の距離は L，w，t を用いて $\boxed{\text{(ア)}}$ で与えられる。一方，PS間の距離は時刻 t と T の間に音が伝播する距離 $\boxed{\text{(イ)}}$ に等しい。このことから，T が t の関数として，$T(t) =$ $\boxed{\text{(ウ)}}$ と表される。t から十分短い時間 Δt だけ経過したときの $T(t)$ の変化量 ΔT は，$(\Delta t)^2$ の項を無視し，近似式 $\sqrt{1+z} \fallingdotseq 1 + \dfrac{z}{2}$ ($|z|$ は1に比べ十分小さいとき)を用いると，$\Delta T = T(t + \Delta t) - T(t) =$ $\boxed{\text{(エ)}}$ Δt と計算される。

時刻 T のときPにおいて観測される音の振動数を f とする。時刻 t と $t + \Delta t$ の間に音源が発した波の数は，時刻 T と $T + \Delta T$ の間にPにおいて観測される波の数に一致する。このことから，f_0，w，V，t，L を用いて $f =$ $\boxed{\text{(オ)}}$ と求まる。

設問(4)：音源を y 軸上全体にわたって移動させる間に，Pにおいて観測される音の波長 λ がとりうる値の範囲を，λ_0，w，V を用いて表せ。

設問(5)：ピストンを再び $l = l_0$ の位置に固定する。音源を y 軸上全体にわたって移動させる間に，少なくとも2回共鳴が観測されるために必要な w の条件を求めよ。ただし，開管の管口は常に音の到来方向に向けられているとする。また，共鳴が起きている間の f の変化は無視できるものとする。

草　稿　用　紙

（切りはなしてはならない）

草　稿　用　紙

（切りはなしてはならない）