滋賀医科大学
平成28年度
医学科一般入試(前期日程)問題

理　　　科

物　　理　1ページ～6ページ
化　　学　7ページ～14ページ
生　　物　15ページ～24ページ

(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24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)

単一成分からなる物質は，圧力，体積，絶対温度(温度)，内部エネルギーなどのうちの2つ，例えば圧力と体積，の値が定まれば状態が定まり，他の値も定まることが知られている。本問では理想気体(気体)について，圧力と体積で指定される状態の変化により生じる温度や内部エネルギーの変化を考える。

(a)　圧力 P_0 の大気下で，水平面上に置かれた，内部の体積が V_0 の図1のような円筒状の容器を考える。容器の上端は開いており，内部はなめらかに動く漏れのない面積 S のピストンで2つに仕切られている。ピストンの厚みは考えない。ピストン下方の部分には単原子分子の気体1モルが入っている。気体はヒーターによって加熱される以外は，熱のやりとりをしない。ヒーターの体積は考えない。ピストン上方の部分には，容器最上部のふちのところまで，密度 ρ の液体が入っている。ピストンをゆっくりと上方に移動させる場合，容器に収まらない液体は取り除かれ，気体と液体の体積の和は常に V_0 に保たれる。重力加速度の大きさを g，気体定数を R とする。

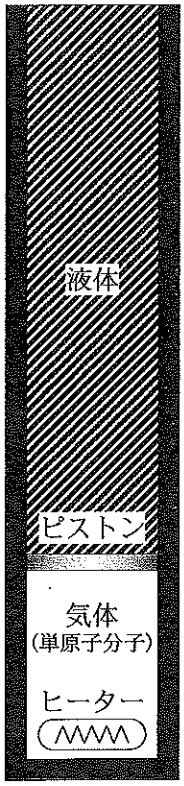

図1

最初ピストンは静止していて，気体は圧力と体積が $(\frac{5}{2}P_0,\ \frac{1}{4}V_0)$ の状態である。このとき，ピストン上面にはたらく圧力は $\frac{5}{2}P_0$ であるが，それから大気圧 P_0 を差し引くと液体による圧力 $\frac{3}{2}P_0$ が得られる。また，液体の体積は $\frac{3}{4}V_0$ である。よって，液体による圧力を $g,\ \rho,\ V_0,\ S$ を用いて表すと，$\frac{3}{2}P_0 = \boxed{\quad ① \quad}$ という関係式が得られる。

この最初の状態から，気体の体積が $\frac{3}{4}V_0$ となる状態までヒーター加熱を行い，ピストンをゆっくりと上方に移動させる。この状態変化の過程で，気体の体積が V の場合，ピストン上面にはたらく液体による圧力は $g,\ \rho,\ V_0,\ V,\ S$ を用いて $\boxed{\quad ② \quad}$ と表される。問①で得た式より ρ と P_0 の関係が求められ，それと問②の結果より，気体の圧力 P は，$P_0,\ V_0,\ V$ を用いて $\boxed{\quad ③ \quad}$ と書ける。問③の結果から，気体の体積 V と温度 T との関係が求められる。圧力と体積が $(P_0,\ V_0)$ の状態における気体の温度を T_0 とすると，T は $T_0,\ V_0,\ V$ を用いて $\boxed{\quad ④ \quad}$ と表される。

問④の結果より，気体が最初の状態 $(V = \frac{1}{4}V_0)$ から最後の状態 $(V = \frac{3}{4}V_0)$ まで変化する場合の気体の内部エネルギー変化 ΔU を $R,\ T_0$ を用いて表すと $\boxed{\quad ⑤ \quad}$ となる。一方，その

間に気体がする仕事 W' を問③の結果を用いて求め，それを R, T_0 を用いて表すと $\boxed{⑥}$ となる。

問 1　最初の状態から最後の状態まで変化する間に気体が得る熱量 Q を R, T_0 を用いて表せ。計算過程と，根拠となる法則などを書くこと。

(b)　一般的な気体の状態変化，すなわち圧力と体積が $(P,\ V)$ の状態から $(P+\Delta P,\ V+\Delta V)$ の状態に変化し，それとともに温度が T から $T+\Delta T$ となる変化について考える。$\dfrac{\Delta T}{T}$，$\dfrac{\Delta P}{P}$，$\dfrac{\Delta V}{V}$ には関係式 $1+\dfrac{\Delta T}{T}=\left(1+\dfrac{\Delta P}{P}\right)\left(1+\dfrac{\Delta V}{V}\right)$ が成り立つが，状態変化の前後の圧力差，および体積差が十分小さい場合は，$|\alpha|$，$|\beta|$ が1より十分小さい場合に成り立つ近似式 $(1+\alpha)(1+\beta)=1+\alpha+\beta$ を適用して整理すると，関係式は $\dfrac{\Delta T}{T}=\boxed{⑦}$ と書き改められる。

ここで，気体の状態変化の一例として，P-V グラフ上の直線 $P=aV+b$（a, b は定数）に沿って圧力と体積が変化する場合に着目する。そのような変化では，ある状態から他の状態へ変化する際の圧力差 ΔP と体積差 ΔV には $\boxed{⑧}$ という関係式が成り立つ。問⑦，問⑧の結果から，ΔP を消去すると，$\dfrac{\Delta T}{T}=\boxed{⑨}$ となる。$a \geqq 0$ の場合における気体の状態変化を考える。T を V の関数として扱うと，問⑨の結果から，V が増すと T は{⑩　ア．増す　イ．減る　ウ．増す場合もあり減る場合もある　エ．一定値をとる}ことがわかる。

問 2　$a<0$ の場合における気体の状態変化を考える。問⑨の結果から，V が増すと T はどのように変化するか述べよ。ただし，V は広範囲に変化するものとする。

II　文中の $\boxed{\quad\quad}$ 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)

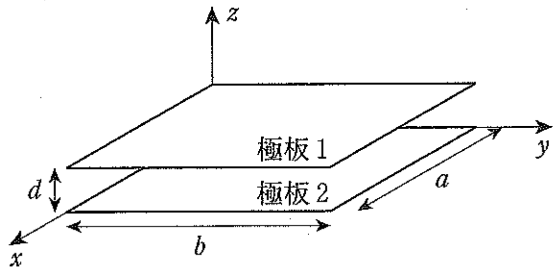

図 1

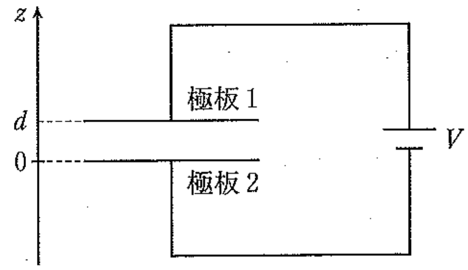

図 2

図 1 のように x 軸方向に奥行 a，y 軸方向に幅 b の 2 つの金属極板(極板)を z 軸方向に間隔 d で向かい合わせてできたコンデンサーが真空中に置かれている。極板 1 は $z = d$ の位置にあり，極板 2 は $z = 0$ の位置にある。a，b は d に比べて十分大きく，極板の端の影響は無視してよい。このコンデンサーの電気容量は真空の誘電率を ε_0 として $\boxed{\text{①}}$ と表される。このコンデンサーに図 2 のように起電力 V の電池を接続し，充電した。コンデンサーのこの状態を初期状態と呼ぶことにする。このとき極板 1 の電荷量は $\boxed{\text{②}}$ である。

極板間には，厚さ d，奥行 a，幅 b で比誘電率が $\varepsilon'(> 1)$ の誘電体を y 軸方向に挿入できるようになっている。ただし極板と誘電体の間はなめらかであり，摩擦は考えなくてよいものとする。

(a)　初期状態にあるコンデンサーから電池を切り離した。その後，図 3 のように $y = 0$ の側から誘電体を挿入し，$y = \ell$ $(0 < \ell < b)$ の位置まで入れて固定した。このとき極板間に挿入された誘電体の極板 1 側の表面には{③　ア．正　イ．負}の電荷が，極板 2 側の表面には，その逆符号の電荷が誘起される。誘電体が挿入されている領域とそれ以外の領域が並列に接続されていると考えれば，コンデンサー全体の電気容量は $\boxed{\text{④}}$ となる。このときコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーは $\boxed{\text{⑤}}$ と表される。

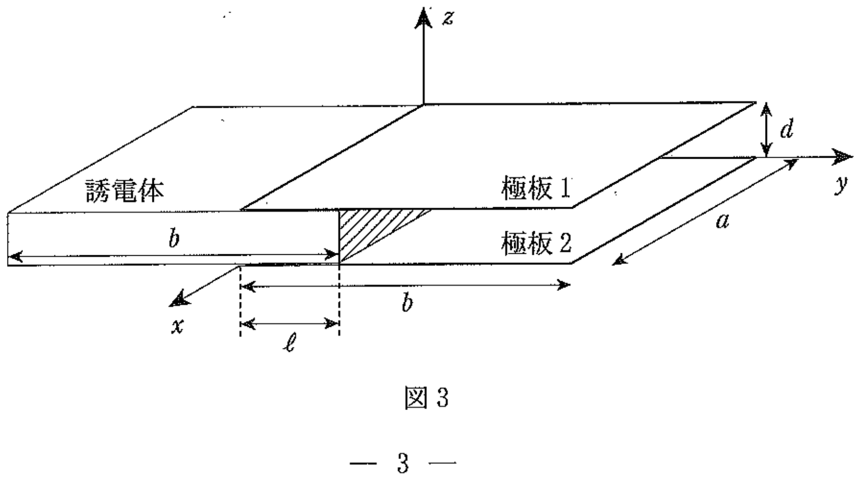

図 3

(b) 再びコンデンサーを初期状態にしたのち，電池を接続したまま，誘電体を $y=0$ の側から挿入し，$y=\ell$ の位置まで入れて静止させた。このときコンデンサーに蓄えられている静電エネルギー U は $\boxed{\quad⑥\quad}$ と表される。その後，誘電体を y 軸正方向に ℓ から $\ell+\Delta\ell$ までわずかな距離 $\Delta\ell$ だけ，電界に垂直な方向の電気力に逆らって力を加えながら，ゆっくり移動させた。$\Delta\ell$ の移動によって生じる静電エネルギーの変化分 ΔU は $\boxed{\quad⑦\quad}$ となり，極板に蓄えられた電荷量の変化で電池がした仕事は $\boxed{\quad⑧\quad}$ となる。ΔU から電池がした仕事をひいた残りが電気力に逆らう力のした仕事であることを考慮すると，電気力の大きさを誘電体の断面積(図3の斜線で示した面の面積)で割ることによって，電界に垂直な方向にはたらく単位面積当たりの電気力の大きさは $\boxed{\quad⑨\quad}$ となることがわかる。ここで加えていた力を0にすると，誘電体は y 軸の{⑩ ア．正方向　イ．負方向}に動く。

問1　コンデンサーを初期状態にもどし，次に誘電体を $y=b$ の位置まで挿入した。この状態から厚さ d の誘電体はそのままにして，極板1だけを z 軸方向に $z=d$ から $z=3d$ までゆっくり移動させた。このときに必要となる仕事を求めよ。できるだけ導出の過程を詳しく書くこと。

(c) 電源につながれたコンデンサーの極板間隔を時間的に変化させると，蓄えられた電荷が時間変化し，回路に電流が流れる。これは機械的振動を電気信号に変換する方法の一つであり，コンデンサーマイクと呼ばれるマイクロフォンの動作原理はこれと同様な現象に基づいている。ここでは極板の位置の変化によって回路に流れる電流を，以下のように見積もってみよう。

極板2を $z=0$ の位置に固定し，極板1を $z=d$ に置いて初期状態にした後，時刻 t での位置を $z=d+h\sin\omega t$ (1) のように角振動数 ω で振動させた。ここで h は定数であり，その絶対値は d に比べて十分小さい。ただし，極板の振動によって発生する電磁波の効果は無視できるとする。ここで $|\alpha|$ が1に比べて十分小さい場合に成り立つ近似式，$(1+\alpha)^{-1}=1-\alpha$ を用いると，時刻 t における電気容量 C は，(1)式の z のように，t によらない定数項と $\sin\omega t$ に比例する項の和として $\boxed{\quad⑪\quad}$ と表される。したがって時刻 t における電荷 $Q(t)$ と，非常に短い時間 Δt 後の時刻 $t+\Delta t$ における電荷 $Q(t+\Delta t)$ の差 ΔQ は $\boxed{\quad⑫\quad}$ と表される。公式 $\sin(\alpha+\beta)=\sin\alpha\cos\beta+\cos\alpha\sin\beta$，および θ が非常に小さいとき，$\sin\theta=\theta$，$\cos\theta=1-\dfrac{\theta^2}{2}$ と近似できることを使って問⑫の結果を書き改め，$\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}$ を求めて Δt の一次の項を無視すると，単位時間当たりの電荷の変化量，つまり電流は $\boxed{\quad⑬\quad}$ となる。

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

なめらかな水平面上にばねで結ばれた 2 物体がある。これらはまた，それぞれ水平面上の固定点とばねで結ばれて全体が一直線上にあり，物体はばねから復元力を受け直線に沿って動くことができる。以下では，物体の変位がばねの自然長に比べて十分小さく復元力は変位に比例するとして，2 物体が連動してどのような運動をするのかを，直線を x 軸，固定点の 1 つを原点 $(x = 0)$ にとって考える。なお，ばねはすべて自然長が同じ長さとし，ばねの質量は考えない。物体の大きさは無視する。

(a) 本題に入る前に，2 物体を 1 つの物体に置きかえた系を考える。すなわち，図 1 のように 2 つの固定点からばね定数 k のばね 1 とばね 2 で質量 m の物体が結ばれているとする。

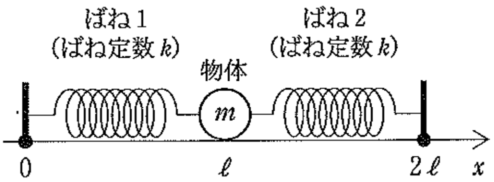

図 1

ばねの長さが自然長 ℓ でつり合いの状態にある物体に速度を与えると，物体は動き出す。物体の位置が ℓ から x になったとき，ばねの伸び縮みの大きさが $|x - \ell|$ であることを考慮すると，加速度を a として運動方程式は $\boxed{①}$ (1) である。これより時刻 $t = 0$ (初期) につり合いの位置にあった物体は単振動をし，時刻 t での位置 x が $x = \ell + A\sin\omega t$ (2) となることが知られている。ここで，A は，初期において次の瞬間に物体が x 軸正方向に進むときは正，負方向に進むときは負となる定数であり，ω は角振動数である。式(2)より物体の速度 v は初期に $v_0 = \boxed{②}$ となる。問②の結果から逆に A は v_0 で決まる。したがって，初期の物体の位置 $(x = \ell)$ と速度 $(v = v_0)$ が与えられれば後の時刻での位置が定まり運動が決まってしまうことがわかる。

物体の力学的エネルギー E は，運動エネルギーとばねの弾性エネルギーの和である。これを m, A, ω を用いて表すと $E = \boxed{③}$ となる。このことから A の絶対値(単振動の振幅)は E と k を用いて $|A| = \boxed{④}$ と表される。

(b) 上記の結果をもとに 2 物体の運動を考える。図 2 のように，質量 m の物体 A が固定点からばね定数 k のばね 1 で結ばれ，それがばね定数 k' のばね 2 で同じ質量 m の物体 B と結ばれ，最後に物体 B がもう 1 つの固定点とばね定数 k のばね 3 で結ばれているとする。

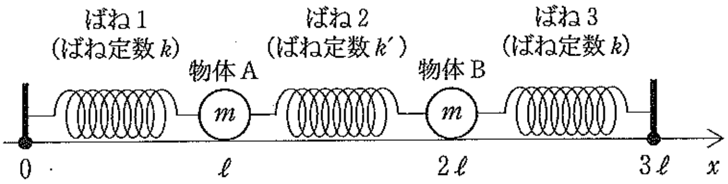

図 2

初期に，3 つのばねはともに自然長であり，2 物体がつり合いの位置にある(物体 A，B の位置はそれぞれ ℓ，2ℓ である)とき，2 物体に速度を与えると 2 物体は動き出す。時刻 t での物体

A，Bの位置をそれぞれy，zとすると，物体間の距離は$z-y-\ell$だけ変化しているから物体Aがばね1とばね2から受ける力は $\boxed{⑤}$ となる。同じように，物体Bがばね2とばね3から受ける力は $\boxed{⑥}$ となる。この場合，物体Aが受ける力を表す式に物体Bの位置が含まれ，また物体Bが受ける力の式にも物体Aの位置が含まれるので，2物体の運動は単独では決まらない。

いま，2物体の質量中心(重心)を考えると，重心の位置Xはy，zを用いて$X=$ $\boxed{⑦}$ と表される。一方，物体Aから見た物体Bの運動(相対運動)は相対位置$q=z-y$で表される。Xとqがy，zで与えられているとき，逆にyとzをX，qで表すことができる。つまり，X，qがわかればyとzは決まる。なお，ここでX，qとy，zとのこれらの関係は，位置だけでなく速度や加速度でも同じであることに注意しておく。

2物体を合わせて1つの系と考えると，ばね2からの力は2物体では逆向きになって打ち消し合い，ばね1とばね3からの力だけが運動に関係する。したがって，重心の運動(重心運動)において重心に作用する力はqを含まずXだけで表される。これより，重心に関して運動方程式を考えると，重心にある1つの物体が2つの同一のばねに結ばれていると考えられ，式(1)と同じようになる。初期に2物体は，したがって重心も，つり合いの位置にあり，同時刻での2物体の速度が与えられれば重心の速度も決まるので，(a)と同じ取り扱いができXは式(2)のような形になる。これより重心は単振動をして角振動数が$\omega_1=$ $\boxed{⑧}$ であることがわかる。一方，qに関する運動方程式を考えると，相対運動において現れる力はXを含まずqだけで表されるので，ばね定数が異なる2つのばねに結びつけられた1つの物体の運動と考えれば，やはり式(1)の形になる。したがって，相対運動も単振動であり角振動数は$\omega_2=$ $\boxed{⑨}$ となる。

以上，初期につり合いの状態にある2物体の速度が与えられればXとqは互いに無関係に決められ，得られたXとqを基本としてその後の2物体の位置，yとz，はそれらの定数倍の和として求められることが示された。なお，2物体の力学的エネルギーUは物体Aの位置yと速度u，物体Bの位置zと速度w，ばね定数k，k'などを用いて$U=$ $\boxed{⑩}$ で与えられるが，これが重心運動と相対運動からのエネルギーの和になることも容易に示される。

問1　上記のように，初期に2物体がつり合いの位置にあってそれらの速度が同じ大きさで向きが，(1)互いに逆方向，(2)同じ方向であるとする。この2つの場合について，2物体はどのような運動をするのか，理由とともに記せ。

問2　ばね定数k'が非常に大きく$\dfrac{k}{k'}$が1と比べて十分小さいとき，2物体の運動の特徴を理由とともに記せ。