滋賀医科大学
平成30年度
医学科一般入試(前期日程)

問題冊子

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21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。

平成３０年度　一般入試（医学科・前期日程）

補　足　説　明　紙

「理　科」　２月２５日（日）　１３時３０分開始

補　足　説　明

理　科　　４ページ（物理）

(b) で始まる段落，上から４行目末尾，「振動回路がある。」の後に以下の文章を挿入する。

「図３における導線，および，コイルの抵抗は無視してよい。」

物　　理 （3問題）

I 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)

(a) 地球をおおう空気(大気)は，圧力，絶対温度(温度)，密度などが高度によって異なることが知られている。以下ではそうした圧力などと高度との関係について考える。簡単のため，自然現象では生じる水蒸気の凝縮や，重力加速度の大きさ g の高度による変化は考えない。空気は理想気体として取り扱い，気体定数を R とする。

図 1 のように，鉛直上方に z 軸(地表面を $z=0$ とする)をとり，z と $z+\Delta z$ の面にはさまれた，底面積 S の直方体を考える。Δz は十分小さい。直方体内の空気には上から $P+\Delta P$，下から P の圧力がはたらいている。

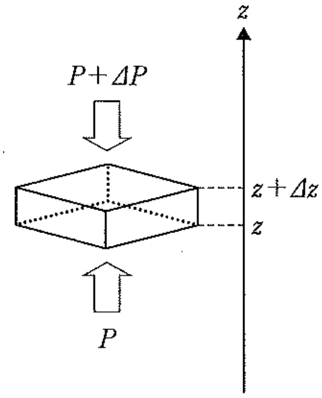

図 1

直方体内の空気にはたらく力のつり合いの式は，g，S，空気の密度 ρ などを用いると $\boxed{①}$ と表される。一方，空気の体積 V，モル数 n，1 モルあたりの質量 M を用いると，$\rho = \boxed{②}$ (1) と書ける。問①の結果と式(1)を用いて，ΔP を Δz，V，n，M などを使って表すと $\boxed{③}$ となり，高度によって大気の圧力が変化することがわかる。

次に，空気の塊(空気塊)が大気中を上昇や下降する場合を考える。空気塊は水蒸気を含まない乾燥空気で，周囲の大気と熱のやりとりをせず断熱変化するものとする。空気塊の高度が z から $z+\Delta z$ へわずかに変化し，圧力，体積，温度が状態(P, V, T)から($P+\Delta P$, $V+\Delta V$, $T+\Delta T$)になったとする。($P+\Delta P$, $V+\Delta V$, $T+\Delta T$)の場合の状態方程式は，空気塊のモル数を n として $\boxed{④}$ と書ける。(P, V, T)も状態方程式を満たすこと，ΔP, ΔV, ΔT が十分小さい場合それらの 2 次の項(積)は無視できること，に注意して，問④の結果を用いて ΔP, ΔV, ΔT の関係式を求めると $\boxed{⑤}$ が得られる。一方，この空気塊の状態変化において，熱力学第一法則は ΔV, ΔT, n, P, 定積モル比熱 C_V を用いて $\boxed{⑥}$ と表される。問⑤と問⑥の結果から ΔV の項を消去すると，ΔP と ΔT の関係式は n, C_V などを用いて $\boxed{⑦}$ と書ける。問⑦の結果を定圧モル比熱 C_P を用いて書きかえ，それと問③の結果を用いると，$\Delta T = \boxed{⑧} \times \Delta z$ が得られる。この式を用いて高度 z における温度 T は，$T = T_0 + \boxed{⑧} \times z$ (2) と書ける。ここで T_0 は $z=0$ における温度である。

問 1　式(2)より，高度が3.5 km高くなると空気塊の温度がどれだけ変化するか求めよ。なお$C_P = \frac{7}{2}R$としてよい。必要な場合，次の数値を用いよ。$g = 9.8\,\mathrm{m/s^2}$，$M = 2.9 \times 10^{-2}\,\mathrm{kg/mol}$，$R = 8.3\,\mathrm{J/(mol \cdot K)}$。計算過程を記載すること。

問⑥の結果と状態方程式より，$\frac{\Delta V}{V} = \boxed{⑨} \times \frac{\Delta T}{T}$ が得られる。これより，高度zにおける空気塊の体積と温度の関係式を求めると，$\log_e \frac{V}{V_0} = \boxed{⑨} \times \log_e \frac{T}{T_0}$　(3)　が得られる。ここでV_0，T_0はそれぞれ$z = 0$における体積と温度である。式(1)，式(2)，式(3)を用いて高度zにおけるρの式を求めよう。ρをC_V，C_P，T_0，$z = 0$における密度ρ_0(式(1)中のVをV_0に置きかえたもの)などを用いて表すと，$\rho = \boxed{⑩}$ となる。

(b)　約11 km以下の高度(対流圏)における大気は，(a)の乾燥空気の空気塊の場合のように，高度が高くなるにつれ温度の低下や密度の減少がみられる。しかし，観測される大気の温度は，乾燥空気の空気塊の場合と比べて高度による変化がゆるやかである。以下ではそのような大気中において，地表面の空気塊が上昇気流などにより持ち上げられる場合を考える。

問 2　図2と図3は大気(実線)と空気塊(破線)の高度と温度の関係を示している。図2では，地表面においてまわりの大気と空気塊の温度が等しい。図3では，地表面において大気の温度T_aが空気塊の温度T_0より低く，実線と破線とが交わる高度z_pで温度が等しくなっている。図2，図3それぞれの場合に，ある高度まで持ち上げられた空気塊にはたらく力について，重力と浮力に着目して説明せよ。合力の向きについても記載せよ。

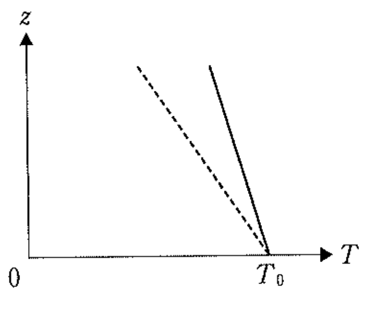

図2

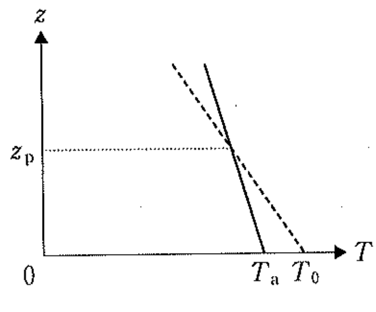

図3

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

(a) 図1に示すように，磁束密度 B(鉛直上向き)の一様な磁界内で半径 a の導体円板を，細い導体棒を中心に角速度 ω で，鉛直上方からみて反時計回りに回転させ，直流電源を得る。導体棒と導体円板の外縁に導線を接触させ，抵抗値 R の抵抗，電気容量 C のコンデンサー，スイッチ S_1 からなる回路を接続する。

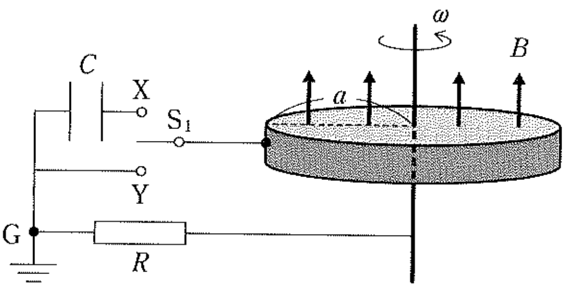

図1

最初，S_1 はX側，Y側には接続されておらず，コンデンサーは充電されていない。導体円板や導体棒と，導線との接触による摩擦と電気抵抗は無視できるとする。点Gは接地されており，電位は0である。

導体円板中の自由電子の電荷を $-e(e>0)$ とすると，回転する導体円板の中心からの距離 r にある一つの電子に注目したとき，この電子にはたらくローレンツ力の大きさは，$\boxed{①}$ と書ける。そのため，電子は，{② ア．外縁　イ．中心}付近に集まることになる。このように，ローレンツ力によって電子が移動した結果，電場が発生する。この電場によって電子が受ける静電気力とローレンツ力がつり合うと電子の移動が終わる。そのときの電場の大きさ E を r の関数として表すと $E=$ $\boxed{③}$ になる。

問 1　問③の結果を $0 \leqq r \leqq a$ の範囲でグラフに描け。ただし，$r=a$ の場合の E の値も縦軸に記入せよ。

導体円板中心を基準とした外縁の電位 V_1 は，問1で描いたグラフと横軸，および，$r=a$ の直線で囲まれる面積であるから，ω，B，a を用いて $V_1=$ $\boxed{④}$ と表すことができる。

次に，Y側に S_1 を接続する。このとき，回路に流れる電流は，ω，B，a，R を用いて $\boxed{⑤}$ となる。また，導体円板を角速度 ω で回転させ続けるために，外部から供給すべき単位時間当たりのエネルギーは，ω，B，a，R を用いると $\boxed{⑥}$ で表される。

つづいて，X側に S_1 を切りかえた。X側に接続した時刻を $t=0$ として，その後の時刻 t における回路を流れる電流の大きさを $I(t)$ と表す。以下では時刻 t と $I(t)$ との関係を調べよう。時刻 t におけるコンデンサーの電位差を $V(t)$ として，$I(t)$ は ω，B，a などを用いて，$I(t)=$ $\boxed{⑦}$ と表せる。ただし，$V(t)$ は点Gに対するX側を正とする。また，$I(t)$ が

$I(0)$ の $\frac{4}{5}$ になる時刻にコンデンサーに蓄えられた電気量は ω，B，a，C を用いて $\boxed{⑧}$ と書ける。$V_1 = 6.0\,\mathrm{V}$ であったとき，$I(t)$ の時間変化は図 2 のようになった。なお，図 2 で点 M は $I(t)$ が $I(0)$ の $\frac{1}{5}$ になる時刻を，点 O は $t = 0$，$I = 0$ の点を表す。この結果を方眼紙に書き写し，図 2 において OMNP で囲まれた領域の方眼の数を数えたところ，200 個であった。この方眼は，縦一目盛りが $0.1\,\mu\mathrm{A}$，横一目盛りが 1 s に相当する。ただし，$\mu\mathrm{A} = 10^{-6}\,\mathrm{A}$ である。このことより，このコンデンサーの電気容量は $\boxed{⑨}$ F と求まる。

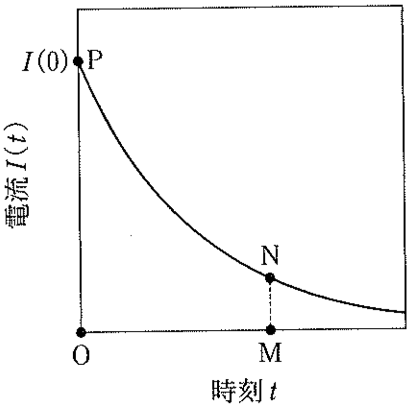

図 2

(b) 回路では，しばしばコンデンサーを電源として用いることがある。図 3 のように，自己インダクタンス L，極板間が真空で電気容量 C^* のコンデンサー，コンデンサーに充電するための起電力 V_2 の電源，および，スイッチ S_2，S_3 からなる振動回路がある。最初 S_2，S_3 は開いている。まず，S_2 のみを閉じてコンデンサーの両端の電位差が V_2 になるまで充電した。つづいて，S_2 を開いて S_3 を閉じると，回路には振動電流が流れた。S_3 を閉じた時刻を $t = 0$ として，電流の大きさが最初に最大になる時刻 t_1 までの状態を考える。$V_2 = 3.3\,\mathrm{V}$，$L = 1.0 \times 10^{-3}\,\mathrm{H}$，$C^* = 1.0 \times 10^{-5}\,\mathrm{F}$ であるとき，時刻 t_1 は $\boxed{⑩}$ s，このときの，コイルに流れる電流値は $\boxed{⑪}$ A となる。ただし，$\pi = 3.14$ とする。こうした振動回路は，電気振動と同じ振動数の電磁波を発生する装置として使われることがある。

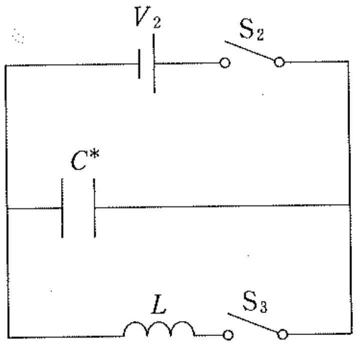

図 3

問 2　図 3 のスイッチ S_2，S_3 が開いており，コンデンサーに電荷が蓄えられていない状態で，コンデンサーの極板間を比誘電率 ε_r の誘電体で満たしたのち，S_2 を閉じてコンデンサーの両端の電位差が再び V_2 になるまで充電した。その後，S_2 を開いて S_3 を閉じたとき，振動回路から発生する電磁波の振動数は，誘電体を満たす前の振動回路での振動数の何倍になるかを理由とともに答えよ。

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)

間隔 $2a$ の平行な 2 枚の板にあけられている小さい穴(小孔)P，Q に糸を通し，板に垂直に糸を強く張る。小孔間の中央の点 O で糸に質量 m の物体を取りつけ，糸と直交する方向にわずかにずらして放すと，物体はその後もとの位置を中心に往復運動する。以下では，点 O を原点とし，物体が運動する方向に x 軸，張られた糸の向きに y 軸をとり，板を動かし糸の長さをゆっくり変えたとき運動を特徴づける量がどのような影響を受けるかを考える。なお，糸の張力 T は一定であり，また小孔と糸の間に摩擦はないとする。重力は考えない。

(a) まず最初に，板を固定した場合の物体の運動を考える。

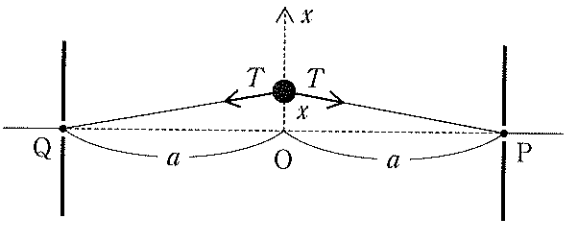

図 1

図 1 のように，一定の長さ $2a$ の糸の中央にある物体が静止位置，点 O からわずかに変位し，位置 x にあるとする。物体に作用する力 F は x 軸方向であり，T，a，x を用いて $F=$ $\boxed{①}$ と表される。x は a と比べて十分小さいので，十分小さい数 z に関して成り立つ式 $\dfrac{1}{\sqrt{1+z}}=1-\dfrac{1}{2}z$ (1) を問①の結果に用いることができる。そして 1 に比べて十分小さい数を無視すると F は x に比例し，物体の運動方程式は $m\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=-kx$ となる。ここで，比例定数 k は T，a により $k=$ $\boxed{②}$ で与えられる。物体の運動は x 軸上で原点を中心とした単振動であり，角振動数 ω，周期 S は k，m を用いてそれぞれ $\omega=$ $\boxed{③}$，$S=$ $\boxed{④}$ と表される。物体の力学的エネルギーは x，速度 v などを用いて $E=$ $\boxed{⑤}$ と表され，時間によらず一定である。

物体が周期 S で単振動をするとき，物体の位置や運動量で表される物理量を A とすると，A も時間 S で変化をくり返す。その一周期にわたる時間平均値 $\overline{A}$ を考えると，周期を十分に細かく分割して各区間の中で A がほぼ一定とみなされるとき，全区間にわたる値の和を区間の個数で割った値として $\overline{A}$ は近似的に与えられる。具体的に，n を十分大きい正の整数として S を n 区間に分割するとき，時間幅は $\Delta t=\dfrac{S}{n}$ であり，i 番目の分割点の時刻は $t_i=t_1+(i-1)\Delta t\quad(i=2\sim n)$，$t_1=0$，$t_{n+1}=S$ である。そして，i 番目の区間での値を $A(t_i)$ と記すと，$\overline{A}=\dfrac{1}{n}[A(t_1)+A(t_2)+\cdots+A(t_n)]$ (2) である。

位置 x と運動量 $p=mv$ の積 $B=xp$ について，時間変化率は $\dfrac{\Delta B}{\Delta t}=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}p+x\dfrac{\Delta p}{\Delta t}$ (3) となることが知られている。式(2)で $A=\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$ としたとき，i 番目の分割点での値を $A(t_i)=\dfrac{B(t_{i+1})-B(t_i)}{\Delta t}$ とおいて，$\overline{\dfrac{\Delta B}{\Delta t}}$ を求めることができる。

問 1　式(3)の等式は時間平均値についても成り立つ。すなわち，$\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$ の時間平均値は $\dfrac{\Delta x}{\Delta t}p$ と $x\dfrac{\Delta p}{\Delta t}$ の時間平均値の和に等しい。このこと，および上記の運動方程式を考慮して，物体の運動エネルギーと位置エネルギーの一周期にわたる時間平均値は等しいことを示せ。

問 1 で示されたことと，E は時間によらないということから，式(2)で $A = x^2$ としたとき，$\overline{x^2}$ は E と k を用いて $\overline{x^2} = \boxed{⑥}$ と表される。

(b)　次に，板を動かし糸の長さをゆっくり変えた場合，ω や E がどのような影響を受けるかを考える。

2 つの板を y 軸方向に一定の速さで，原点に対して対称的に動かし，板と原点の間の距離が a からわずかに Δa だけ変化したとする。このとき，ω は $\Delta\omega$ だけ変化し，それは問③の結果に式(1)を用いて ω，a，Δa により $\Delta\omega = \boxed{⑦}$ と表される。

糸の長さを $2\Delta a$ だけ変える上記の操作が非常に長い時間をかけて行われるとき，物体はその間に振動をくり返す。いま，要した時間を十分小さい幅の多数の区間に分割したとすると，各区間の中では物体の位置は変わらないと考えてよい。ある区間の時刻での物体の位置を x とするとき，図 2 に示されているように，小孔 P で糸の張力が板にはたらき，板はこの力と大きさが等しく逆向きの力を糸に及ぼす。よって，板が区間幅の時間で b から Δb だけ移動するとき，板がした仕事は T，b，x，Δb を用いて，$\Delta W = \boxed{⑧}$ となる。小孔 Q があるもう一つの板を逆方向に Δb だけ動かすのにも同じ仕事量が必要になり，これらの和は物体の力学的エネルギーの変化量 $\Delta E'$ に等しい。ここで，Δb は小さいので $\Delta E'$ を表す式の中で b を a に代えて差しつかえない。そして，再び式(1)を用いると $\Delta E'$ は T，a，x，Δb を用いて $\Delta E' = \boxed{⑨}$ と表される。

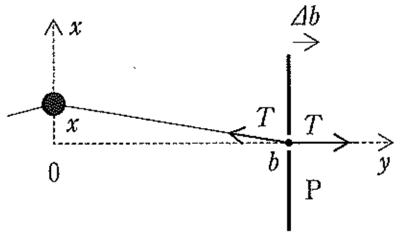

図 2

糸の長さが $2\Delta a$ だけ変化したことによる力学的エネルギーの変化量 ΔE は，全区間にわたって問⑨の結果を求め，それらを加え合わせて得られる。この手続きでは，x^2 の長時間にわたる平均を求めることになるが，周期運動ではその値は一周期にわたる時間平均値に等しいことが知られている。これより，ΔE は問⑨の結果で x^2，Δb をそれぞれ $\overline{x^2}$，Δa に置きかえたものになることがわかる。

問 2　$\dfrac{\Delta E}{E}$ と $\dfrac{\Delta\omega}{\omega}$ の間に成り立つ関係式を，問②，問⑥，問⑦の結果を用い，問⑨の結果を考慮して求めよ。導出の過程も記すこと。