滋賀医科大学

令和７年度

医学科一般選抜（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. 本学受験票を机の通路側に出しておくこと。
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 $\boxed{}$ に入る適当な式または数値を記入し，設問に答えよ。(配点 33)

ある点で生じた振動が次々と周囲に伝わる現象を波(波動)という。媒質の各点が単振動をすることにより生じる正弦波を考える。時刻 t において，x 軸の正方向に進む振幅 A，角振動数 ω の正弦波の式は，初期位相を 0 とすると，$A\sin(\omega t - kx)$ と表すことができる。ここで，k は 2π を波長で割ったもので，波数という。この波の振動数は，ω を用いて $\boxed{①}$ と書ける。また，この波の速度は，ω，k を用いて $\boxed{②}$ と表される。これを位相速度という。

振動数がわずかに異なる正弦波が重なると，周期的な波動の強弱が生じる。これをうなり(ビート)という。例えば，振動数が 200 Hz と 205 Hz の音波が重なると，1 秒当たり $\boxed{③}$ 回のうなりが聞こえる。なお，うなり(ビート)は音波に限らず，光や電気など各種の波動や振動でも生じる現象である。このような現象が正弦波の式を使ってどのように表されるか見てみよう。

角振動数と波数の両方がわずかに異なる(すなわち，振動数と波長がわずかに異なる) 2 つの正弦波，$A\sin\{(\omega + \Delta\omega)t - (k + \Delta k)x\}$ と $A\sin\{(\omega - \Delta\omega)t - (k - \Delta k)x\}$ を考える。$\Delta\omega\,(>0)$ は ω に対して十分小さい。同様に，$\Delta k\,(>0)$ は k に対して十分小さい。三角関数の和と積の公式 $\sin a + \sin b = 2\sin\dfrac{a+b}{2}\cos\dfrac{a-b}{2}$ を用いると，2 つの正弦波が重なることにより生じる波の式は，$\boxed{④} \times \sin(\omega t - kx)$ と書ける。この式は，角振動数 ω，波数 k の正弦波の振幅が変動すること，その変動は問④の答えの関数で表されること，を示している。その例を図示したものが図 1 である。

図 1 の下の図は，波動の初期状態($t = 0$)を描いている。振幅の変動が破線で示されている。その様子から，波の強弱が起きており，うなりが生じていることがわかる。

図 1 の上の図は，時間が経過して時刻 $t\,(>0)$ になったときの様子を描いている。矢印で示したように，腹と節が x 軸の正方向に進んでいることがわかる。この振幅の変動が伝わる速度は，問④の結果の式より，$\Delta\omega$，Δk を使って $\boxed{⑤}$ と書ける。これを群速度という。

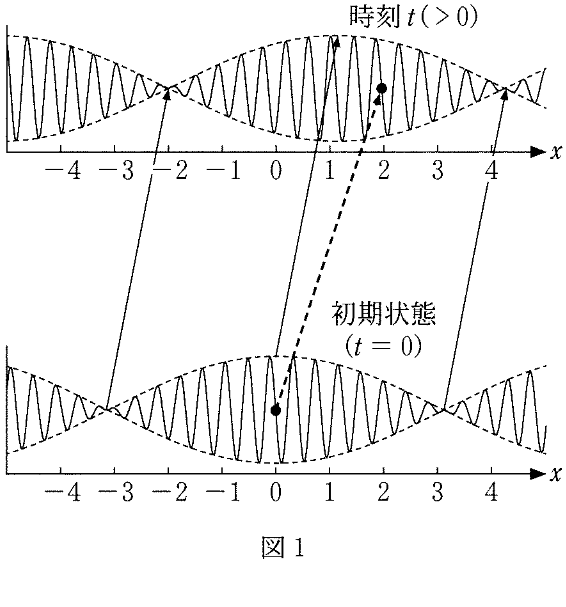

図 1

また，図 1 には初期状態($t = 0$)における正弦波 $\sin(\omega t - kx)$ の $x = 0$ での振動が，時刻 t にどの位置に伝わるかを黒丸と破線の矢印で示した。この黒丸が進む速度は位相速度であり，問②の結果の式で表される。

次に，光(可視光)が，うなり(ビート)が生じた状態でガラスの中を進む場合の位相速度と群速度について考える。

物質の屈折率は光の波長(すなわち波数)により異なることが知られている。それに関連して，物質中を進む光の位相速度や，角振動数 ω は波数 k の複雑な関数となる。ここでは簡単のため，光(可視光)がガラスの中を進む場合の ω と k の関係が，k によらない定数 α，β を用いて

$$\omega = \alpha k - \beta k^3 \qquad (1)$$

のように表されるとする。問②の結果と式(1)より，波数 k の光がガラスの中を進む場合の位相速度は α，β などを用いて $\boxed{⑥}$ と書ける。

次に，角振動数と波数がそれぞれ($\omega + \Delta\omega$，$k + \Delta k$)の場合にも式(1)が成り立つこと，$\Delta\omega$，Δk は十分小さいので，それらの 2 次以上の項(積)は無視できること，に注意して ω，$\Delta\omega$，k，Δk の関係式を求め，さらに式(1)を用いると，$\Delta\omega$，k，Δk の関係式は $\Delta\omega =$ $\boxed{⑦}$ となる。この式と問⑤の結果より，角振動数と波数がそれぞれ ω，k からわずかに異なる光が重なってガラスの中を進む場合の群速度は α，β などを用いて $\boxed{⑧}$ となる。一方，角振動数と波数がそれぞれ($\omega - \Delta\omega$，$k - \Delta k$)の場合について，上記と同様の手順で群速度を求めると，やはり問⑧と同じ式が得られる。以上より，波数 k の光が，うなり(ビート)が生じた状態でガラスの中を進む場合の群速度は問⑧の結果の式で表されると考えてよい。

ところで，物質中の光の速さは，その物質の屈折率がわかれば求められる。真空中の光の速さを 3.00×10^8 m/s とする。ある波数の光に対して，ガラス G の屈折率が 2.00 である場合，ガラス G 内におけるその波数の光の速さは $\boxed{⑨}$ m/s となる。こうして得られる速度は位相速度である。

問 1　問⑨の場合と同じ波数の光が，うなり(ビート)が生じた状態でガラス G の中を進む場合の群速度を有効数字 3 桁で求めよ。式(1)の定数 α は 1.57×10^8 m/s とする。考え方や計算過程を書くこと。

問 2　空気中の音波の位相速度 v_S は波数によらないと考えてよい。この場合，角振動数 ω と波数 k はどのような関係になるか述べよ。さらに，音波が空気中を伝わる場合の位相速度と群速度の大小関係について説明せよ。

一般的には，光の波はわずかに異なる波数の波が多数重ねあわさったものである。その場合も，本問で取り上げたような，群速度が求められる。真空における光の群速度は 3.00×10^8 m/s であるが，近年の科学技術の発展により，物質中の光の群速度を制御して，電車の速さ程度にまで遅くしたり，完全に静止させる実験が行われている。

Ⅱ 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)

以下の設問では，コンデンサーの素子の大きさ，導線の太さ，コンデンサーおよび回路を流れる電流の作る磁界の影響は，無視できるものとする。

(a) 図 1 に示すように，●で表す接続点の間を，長さ l，抵抗値 R の導線で結んで長方形の回路をつくり，水平にとった xy 平面上の $x > 0$ の領域に固定した。長方形の長辺は x 軸に，短辺は y 軸に平行である。この回路の $x > 0$ の領域に，z 方向(紙面に垂直に裏から表へ向かう向き)の一様な磁場をかけ(灰色部分)，その磁束密度 B を図 2 のように時間変化させた。時刻 $t = 0$ から t_1 までの間に，b から c の向きを正として流れる電流を I_1，c から f の向きを正として流れる電流を I_2 とする。このとき，c から d の向きに流れる電流は，I_1，I_2 を用いて $\boxed{①}$ と書ける。このときの閉回路 acfha と閉回路 cdefc に生じる誘導起電力をそれぞれ V_1，V_2 とすると，それぞれの閉回路で起電力と電圧降下について成り立つ式は，V_1，V_2，I_1，I_2，R を用いて $\boxed{②}$，$\boxed{③}$ となる。一方，V_1，V_2 の大きさは，それぞれの回路での磁束の時間変化から，t_1，B_1，l を用いて $\boxed{④}$，$\boxed{⑤}$ と求められる。以上より，電流 I_2 は t_1，B_1，l，R を用いて $\boxed{⑥}$ となる。

問 1 時刻 $t = 0$ から $4t_1$ までの間に c から f の向きに流れる電流の時間変化をグラフに描け。ただし，$0 < t < t_1$ のときの電流の大きさを I_0 として，適切な係数とともに縦軸の目盛りを書き入れよ。

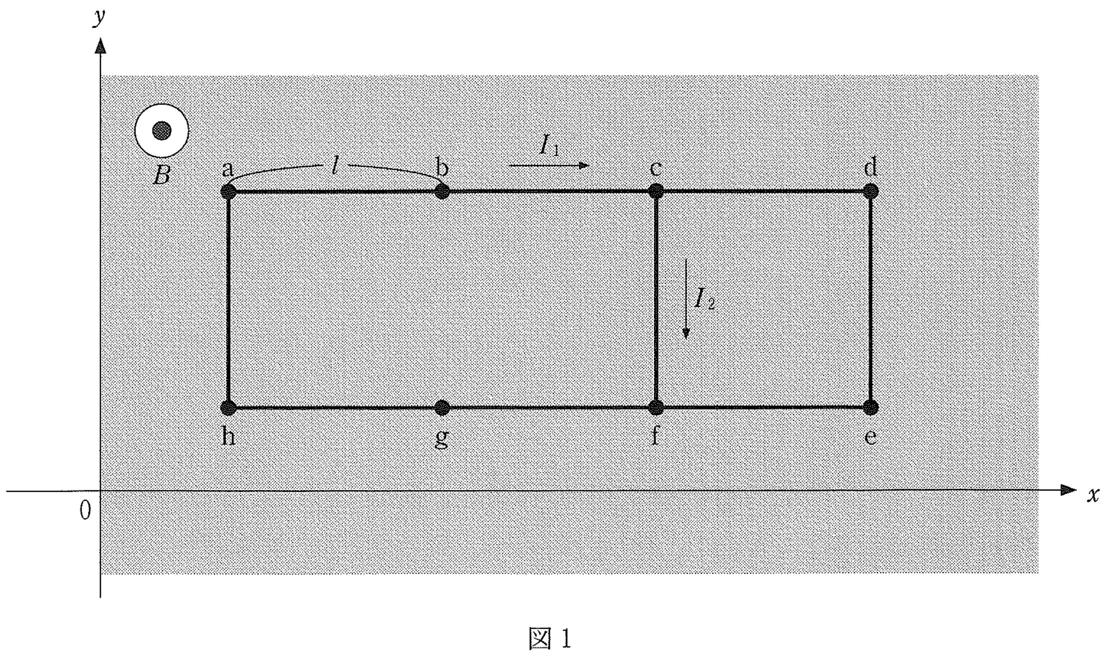

図 1

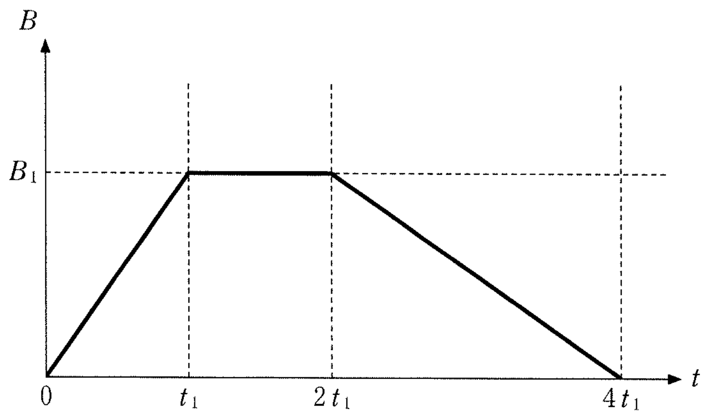

図 2

(b) つづいて，図 1 の回路の cd 間の導線を電気容量 C のコンデンサーに交換した回路とした(図 3)。なお，コンデンサーと接続点間を結ぶ導線に抵抗はないものとする。また，xy 平面上の $x > 0$ の領域には z 方向(紙面に垂直に裏から表へ向かう向き)の磁場がかけられている。ただし，この磁場は，図 1 の場合とは異なり，正の定数 $G(G > 0)$を用いて，$B = Gx$ で表される位置座標 x に比例する磁束密度をもち，y 方向や z 方向にはよらず，時間変化もしない。最初，この回路は接続点 h が原点になるように置かれていた。この回路に対し，外力を x 軸正方向に加え，一定速度 v で水平に動かすことを考える。回路は変形も回転もせず，xy 平面内で運動するものとする。

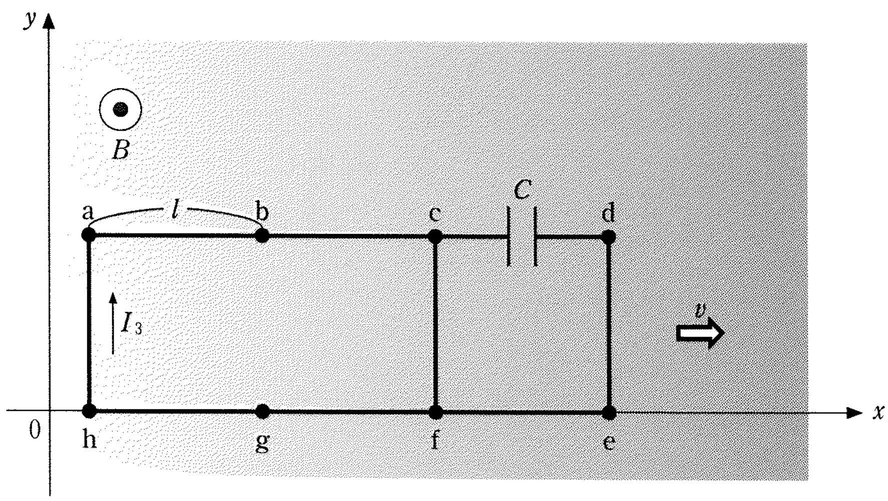

図 3

回路を動かし始めてから十分に時間が経過すると，コンデンサーには電荷が蓄えられて，cd間に電流が流れなくなった。その後，接続点 h が座標$(x_1,\ 0)$を通過するとき，de 間の導線の位置での磁束密度は，Gなどを用いて $\boxed{\quad ⑦ \quad}$ と書けるから，de 間の導線に誘導される起電力の大きさは，x_1，G，v，lを用いて $\boxed{\quad ⑧ \quad}$ と記述できる。問⑧と同様に，cf，ah 間それぞれの導線に誘導される起電力が求められるので，この磁場中を動いていることにより閉回路 acfha に誘導される起電力の大きさは $\boxed{\quad ⑨ \quad}$ ，図 3 に示す電流I_3の大きさはG，v，l，Rを用いて $\boxed{\quad ⑩ \quad}$ と記述できる。

問 2　このとき，コンデンサーの極板間電位差がV_3となったとする(接続点 d 側の極板に対する接続点 c 側の極板の電位差をV_3とする)。電位差V_3をG，v，lを用いて表した後，蓄えられた電荷量を求めよ。考え方や計算過程を書くこと。

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

(a) 図 1 に示すように，バネ定数 k_0 のバネが水平面の上に置かれている。バネと水平面の摩擦は無視できるとする。バネは自然の長さであり，十分に長い。両端は水平方向に移動可能な壁に固定されている。この装置の左右の壁を，手で内側(互いに近づく方向)に同じ速さでゆっくり動かした。壁がそれぞれ元の位置から短い距離 d だけ移動したところで静かに止めて固定した。この状態を状態 A とする。状態 A でバネに蓄えられているエネルギーは，k_0，d を用いて表せば $\boxed{①}$ である。

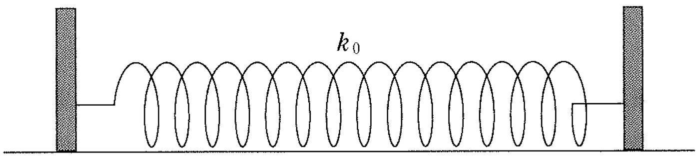

図 1

図 2 は，装置の壁を図 1 の位置にもどした後，バネ定数 k_0 のバネを，バネ定数 k_1 と k_2 $(k_1 > k_2)$ の 2 本のバネをつないだものに交換した装置である。左側のバネをバネ 1，右側のバネをバネ 2 と呼ぶことにする。バネ 1，2 はともに自然の長さであり，十分に長い。これらのバネのつなぎ目を P とする。P の位置は，水平面上の x 軸(右方向が正方向)の座標で表す。図 2 では P の位置は $x = 0$ である。

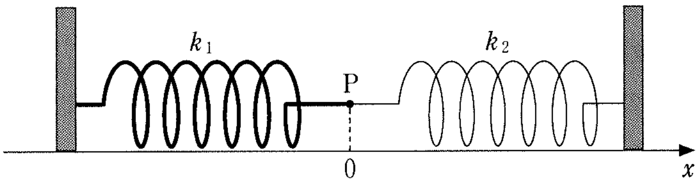

図 2

図 1 の場合と同様に，左右の壁を手で内側に同じ速さでゆっくり動かし，壁がそれぞれ元の位置から距離 d だけ移動したところで静かに止めて固定した。この状態を状態 B とする。状態 B では P は $x > 0$ の領域で静止している。状態 B における P の位置座標を x_B とする。また，状態 B でバネ 1，2 に蓄えられているエネルギーをそれぞれ E_1，E_2 とする。x_B，E_1，E_2 は，k_1，k_2，d を用いて表せば，それぞれ $\boxed{②}$，$\boxed{③}$，$\boxed{④}$ である。

状態 A でバネに蓄えられているエネルギーと，状態 B でバネ 1，2 に蓄えられているエネルギーの和が，互いに等しいとする。このとき，バネ定数 k_0，k_1，k_2 の間に成り立つ関係式は，k_0，k_1，k_2 を用いて表せば $\boxed{⑤}$ である。

(b) 図3は，装置の壁を図2の位置にもどした後，バネのつなぎ目Pに，質量mの小さい物体を取り付けた装置である。バネは1，2ともに自然の長さであり，十分に長い。物体は十分に小さく，バネの伸び縮みに影響はない。物体の位置はPの座標で表されるとする。図3では物体の位置座標は$x = 0$である。

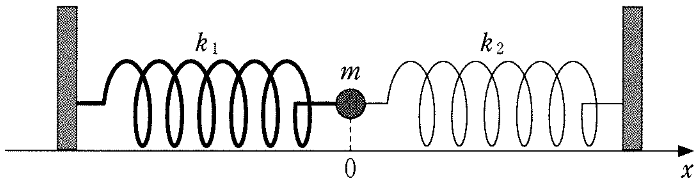

図3

図2の場合と同様に，左右の壁を手で内側に同じ速さでゆっくり動かし，壁がそれぞれ元の位置から距離dだけ移動したところで静かに止めて固定した。この状態を状態Cとする。状態Cでは物体は状態BにおけるPと同じ位置，すなわち$x = x_B$に静止している。

問1　この問では，図3のk_1，k_2はそれぞれ3.0 N/m，1.0 N/m，dは0.010 mであるとする。

(i) 物体を状態Cの位置からx軸に平行に手でゆっくり動かしたときに，バネ1，2が物体におよぼす力をそれぞれf_1，f_2とする。f_1，f_2と物体の位置の関係をグラフに表せ。力を縦軸，物体の位置を横軸とする。力の向きはx軸の正方向のときを正とする。グラフの線は，両端が解答欄の破線が引いてある領域の端まで届くように描くこと。どちらの線がf_1あるいはf_2であるかがわかるように，グラフの線の近くにそれぞれf_1あるいはf_2と書け。

(ii) 状態Cの物体の位置を，(i)の解答と同じグラフ内に，縦軸に平行な直線で示せ。直線は，両端が解答欄の破線が引いてある領域の端まで届くように描くこと。

(iii) (ii)の直線とf_1の線との交点，および(ii)の直線とf_2の線との交点のx，y座標の値は，それぞれ(⑥)および(⑦)である。

(c) 物体を状態Cの位置にもどしてから，右方向にある短い距離だけゆっくりと移動し，そっと手を放したところ，物体は単振動を始めた。この単振動において，物体の座標が$x_B + h$である瞬間に物体にはたらく合力は，k_1，k_2，hを用いて表せば ⑧ である。ただし，力の向きはx軸の正方向のときを正とする。この瞬間にバネ1と2に蓄えられているエネルギーの和は， ⑨ d^2 + ⑩ h^2 という形に表せる。問⑨と問⑩は，k_1，k_2を用いて表すこと。

(d) 物体の振動を止め，壁を図3の位置にもどした後，バネ1と2をそれぞれバネ定数$k_1 + \Delta k_1$ ($\Delta k_1 \neq 0$)および$k_2 + \Delta k_2$ ($\Delta k_2 \neq 0$)のバネに交換する。新しいバネの自然の長さは，図3のバネと等しいとする。装置を状態Cにしてから，(c)と同様の手順で物体に単振動をさせる。ただし，単振動の中心位置を，(c)における振動の中心位置と一致させたい。この条件を満たすために必要な，Δk_1とΔk_2の関係式は，k_1，k_2，Δk_1，Δk_2を用いて表せば ⑪ である。

つづいて，物体の振動を止め，壁を図3の位置にもどした後，バネ1と2をそれぞれバネ定数 $k_1 + \Delta k_1'$ ($\Delta k_1' \neq 0$) および $k_2 + \Delta k_2'$ ($\Delta k_2' \neq 0$) のバネに交換する。新しいバネの自然の長さは，図3のバネと等しいとする。装置を状態Cにしてから，(c)と同様の手順で物体に単振動をさせる。

問2　単振動の中心位置と振動周期を，(c)における振動の中心位置および振動周期に一致させたい。この条件を満たすことは可能か。可能か不可能かを答え，可能ならば $\Delta k_1'$ と $\Delta k_2'$ がどのような関係を満たす必要があるかを示せ。不可能ならばその理由を示せ。