H—19 Ⓐ

理　　科

9：00〜11：00

解答上の注意

1. 試験開始の合図があるまで，この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は 33 ページある。このうち，「物理」は 2 〜 7 ページ，「化学」は 8 〜17 ページ,「生物」は 18〜28 ページ,「地学」は 29〜33 ページである。
3. 「物理」，「化学」，「生物」，「地学」のうちから，あらかじめ届け出た 2 科目について解答せよ。各学部・系・群・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・専攻 ＼ 科目	理学部					医学部						歯学部	薬学部	工学部				農学部	獣医学部	水産学部
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物・地学重点選抜群		医学系	保健学系							応用理工系(注)	情報エレクトロニクス系	機械知能工学系	環境社会工学系(注)			
				生物重点	地学重点		看護学専攻	放射線技術科学専攻	検査技術科学専攻	理学療法学専攻	作業療法学専攻									
物理	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	◎	○	◎	◎	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
生物	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
地学	○	○	○	○	◎									○		○	○	○		○

(注)：工学部(応用理工系，環境社会工学系)は，物理又は化学を含む 2 科目選択

4. **受験する科目のすべての解答用紙には，受験番号および座席番号(上下 2 箇所)を，監督員の指示に従って，指定された箇所に必ず記入せよ。**
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

◇M9(146—93)

物　理

1 次の文章の $\boxed{(1)}$ から $\boxed{(8)}$ に適切な数式を入れよ。また，$\boxed{(i)}$ と $\boxed{(ii)}$ には，それぞれ図2に示すaからhの中から適切な記号を選択し記入せよ。

図1のように，水平な床の上に，この床に対し傾き θ〔rad〕の斜面をもつ台をおき，その斜面上に質量 m〔kg〕の物体をのせる。斜面と物体の間には摩擦があり，静止摩擦係数は μ_0，動摩擦係数は $\mu\,(<\mu_0)$ である。また，図1のように斜面にそって x 軸を，斜面と垂直な方向に y 軸をとり，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

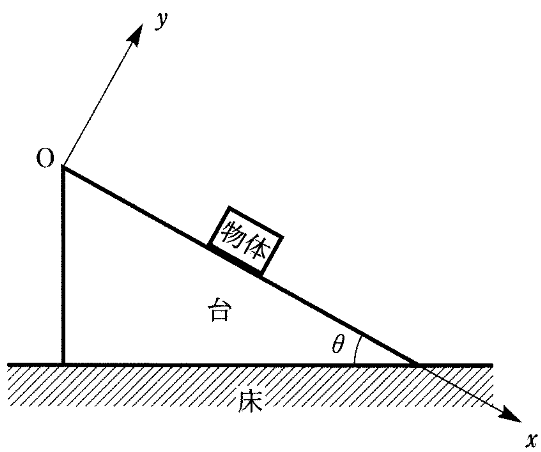

図1

問 1　台を床に固定し，物体を静かに離す。このとき，静止摩擦係数 μ_0 の大きさにより，物体がすべり出す場合とすべり出さない場合がある。物体がすべり出さない場合を考えよう。物体が台から受ける垂直抗力の大きさは $\boxed{(1)}$〔N〕，摩擦力の大きさは $\boxed{(2)}$〔N〕である。したがって，物体がすべり出さないためには，静止摩擦係数 μ_0 が $\boxed{(3)}$ より大きくなければならない。これに対し，静止摩擦係数が $\boxed{(3)}$ より小さくて物体がすべり出す場合には，物体の加速度の大きさは $\boxed{(4)}$〔m/s^2〕となる。

問 2　物体と台がともに静止している最初の状態から，図 2 のように，物体を静かに離すと同時に，台を床にそって右方向に大きさ A〔m/s^2〕の一定加速度で動かした。ただし，μ_0 は $\boxed{\quad(3)\quad}$ より小さいものとする。この場合の物体の運動を，台といっしょに等加速度運動をする観測者の立場で考える。この観測者から見ると，物体には図 2 の $\boxed{\quad(\mathrm{i})\quad}$ の矢印の方向に大きさ $\boxed{\quad(5)\quad}$〔N〕の慣性力が働いている。物体が台に対して動き出さない場合，物体に働く垂直抗力の大きさは $\boxed{\quad(6)\quad}$〔N〕，摩擦力の x 成分は $\boxed{\quad(7)\quad}$〔N〕である。したがって，物体が台に対して動き出さないためには，加速度の大きさ A は $\dfrac{\tan\theta - \mu_0}{1 + \mu_0 \tan\theta}\,g$〔m/s^2〕より大きく，$\boxed{\quad(8)\quad}$〔m/s^2〕より小さい必要がある。これに対し，加速度の大きさ A が $\boxed{\quad(8)\quad}$〔m/s^2〕より大きい場合には，物体は台に対して図 2 の $\boxed{\quad(\mathrm{ii})\quad}$ の矢印の方向に動き出す。

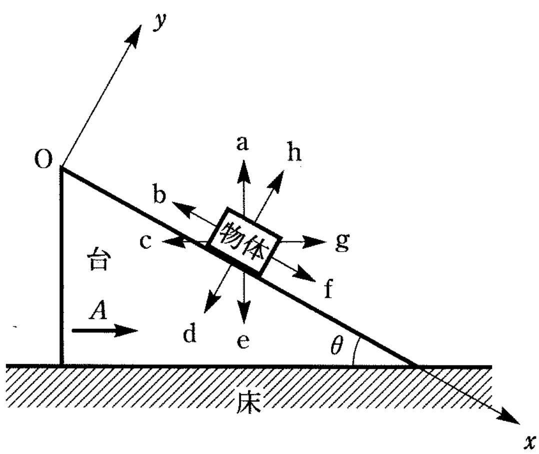

図 2

2 次の文章の $\boxed{}$ に適切な数式を入れよ。また，問３に答えよ。

図１のように，磁束密度 B〔Wb/m^2〕の一様な磁界中にコイルを置く。コイルは，太さと質量が無視できる導線を長方形状に隙間なく n 回巻いて作られている。コイルの中心軸(図１の点線)は磁界に垂直であり，コイルはこの軸の周りをなめらかに回転することができる。また，コイルの４つ角をそれぞれ A_1，A_2，A_3，A_4 とし，A_1A_2 と A_4A_3 の長さを a〔m〕，A_1A_4 と A_2A_3 の長さを b〔m〕とする。さらに，A_1A_2 の中心付近に端子 X と Y があり，これらの端子間には抵抗などの素子を接続することができる。このコイルを図１に示す向きに一定の角速度 ω〔rad/s〕で回転させると，コイルには誘導起電力が発生した。コイル面 $A_1A_2A_3A_4$ に垂直なベクトル $\vec{s}$ を考え，$\vec{s}$ の向きが磁界の向きと一致する時刻を 0〔s〕とする。また，このときコイルを貫く磁束の符号を正とする。

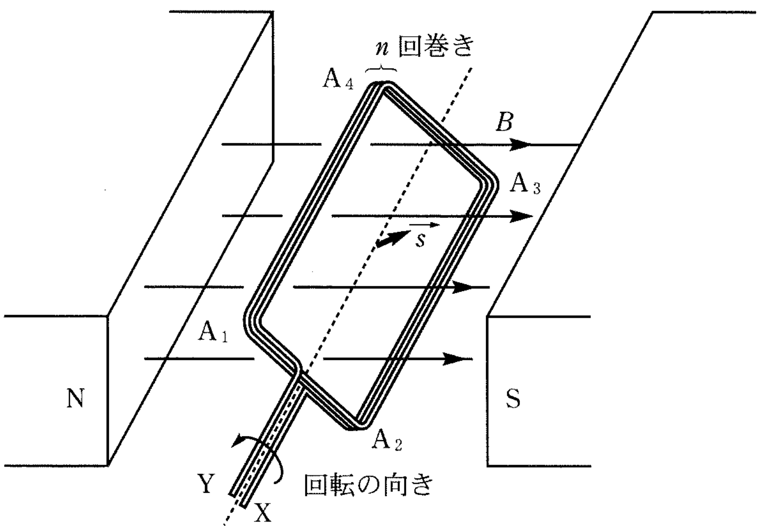

図１

問１ まず，端子 X と Y の間に何も接続されていない場合について考えよう。コイル面 $A_1A_2A_3A_4$ を貫く磁束は時刻 0〔s〕で最も大きく，$\boxed{(1)}$〔Wb〕である。コイルは t〔s〕間に $\boxed{(2)}$〔rad〕回転するので，時刻 t〔s〕でコイル面を貫く磁束は $\boxed{(3)}$〔Wb〕と表される。このようにコイル面

を貫く磁束は時間とともに変化し，コイルには角周波数 ω〔rad/s〕の交流起電力が発生する。このとき，端子 X に対する端子 Y の電圧を $V_0 \sin \omega t$ と表すと，振幅 V_0 は $\boxed{\quad (4) \quad}$〔V〕であり，周期は $\boxed{\quad (5) \quad}$〔s〕である。

問 2 次に，端子 X と Y の間に R〔Ω〕の抵抗が接続された場合について考える。コイルの抵抗は R〔Ω〕に比べて十分小さく，端子 X に対する端子 Y の電圧は $V_0 \sin \omega t$ であるとする。以下の $\boxed{\quad (6) \quad}$ ～ $\boxed{\quad (8) \quad}$ には V_0 を用いて答えよ。

端子 Y から X の向きに抵抗を流れる電流の符号を正にとると，この回路に流れる電流は $\boxed{\quad (6) \quad}$〔A〕と表される。磁界中でコイルに電流が流れると，コイルには力が働く。コイルの一部 A_1A_2 と A_4A_3 にそれぞれ働く力は，コイルの回転軸と平行なので，回転には影響を与えない。一方，A_1A_4 と A_2A_3 にそれぞれ働く力は，コイルの回転軸に垂直で，回転を妨げている。したがって，一定の角速度 ω〔rad/s〕でコイルを回転させるには，これらの力に逆らって仕事をしなければならない。A_1A_4 と A_2A_3 にそれぞれ働く力は，大きさが等しく互いに逆向きであり，その最大値は $\boxed{\quad (7) \quad}$〔N〕である。また，時刻 t〔s〕から $t + \Delta t$〔s〕までの短い時間 Δt〔s〕において，A_1A_4 と A_2A_3 に働く力をそれぞれ一定とみなし，時刻 t〔s〕における値で近似すると，この間にコイルになされる仕事は $\boxed{\quad (8) \quad}$〔J〕と表される。この仕事は Δt〔s〕間に抵抗で発生するジュール熱に等しい。

問 3 問 2 の抵抗を 100〔Ω〕，抵抗間の電圧の振幅を 140〔V〕，周期を 0.02〔s〕として，抵抗で消費される電力の時間変化のグラフを図示せよ。また，1〔s〕間に抵抗でジュール熱として消費される電気エネルギーをこのグラフを参考にして求め，〔J〕を単位として数値で答えよ。必要であれば，三角関数の公式 $\sin^2 x = (1 - \cos 2x) / 2$ を用いてもよい。

3 次の文章の $\boxed{(1)}$ から $\boxed{(7)}$ の中に適切な数式を入れよ。また，$\boxed{(\mathrm{i})}$ から $\boxed{(\mathrm{iv})}$ には**腹**か**節**のいずれかの語句を記入し，$\boxed{(ア)}$ については水面の様子を図示せよ。

問 1 図1のような長さ L〔m〕の閉管を鉛直に置く。上端付近に置いたスピーカーから音を出し，管から聞こえる音の大きさを調べる。このときの音速を c〔m/s〕とすると，スピーカーから出る音の振動数が f〔Hz〕のとき，音波の波長は $\boxed{(1)}$〔m〕である。音の振動数を0〔Hz〕からゆっくりと増加させたところ，f_1〔Hz〕のときに初めて気柱の共鳴が起こり，管口付近で音が大きく聞こえた。このとき，閉管の中には定常波が生じており，管の底は定常波の $\boxed{(\mathrm{i})}$，管口は $\boxed{(\mathrm{ii})}$ となっている。したがって，定常波の波長は $\boxed{(2)}$〔m〕であるので，$f_1 = \boxed{(3)}$〔Hz〕の関係が成立する[脚注]。音の振動数をさらに増加させていくと，f_2〔Hz〕のときに管口付近で聞こえる音が再び大きくなった。f_2 を L と c で表すと $f_2 = \boxed{(4)}$〔Hz〕となる。

次に，スピーカーから出す音の振動数を f_2〔Hz〕にしたままの状態で，閉管にゆっくりと水を注ぎ，気柱の長さを短くしていった。このとき，管口付近で聞こえる音が再び大きくなるのは，水面の高さが閉管の底から $\boxed{(5)}$〔m〕になったときである。

脚注：実際には $\boxed{(\mathrm{ii})}$ の位置は管口の少し外になるが，その補正は無視する。

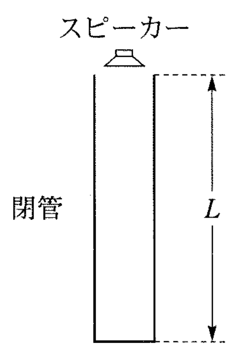

図1

問 2　水の表面を伝わる波(水面波)は横波と縦波が合成された波であり，水面の水は等速円運動をしているとみなせる。図 2 はある時刻における水面の様子を表したものである。太い実線は水面を表しており，水面上のいくつかの点の円運動の様子が，円を 8 等分した目盛りを用いて表されている。図 2 からわかるように，水面波では横波の変位が最大のところで縦波の変位が 0 になり，横波の変位が 0 のところで縦波の変位が最大になるという特徴がある。この波が左に進んでいる場合に，$\frac{1}{4}$ 周期後の水面の様子を解答欄の $\boxed{(ア)}$ に描け。

図 2

図 3 は，直方体の水槽の右端に取り付けられた振動板の微小な振動により，水面波をつくる装置である。手前の面は水槽の断面を表している。図 3 のように左端の境界を原点として水平右向きに x 軸をとる。振動板の振動数を調節して水面波の波長が λ〔m〕となったとき，水面には定常波ができた。この定常波は横波の定常波と縦波の定常波の合成波として表される。原点では，横波の定常波は $\boxed{(iii)}$ となり，縦波の定常波は $\boxed{(iv)}$ となる。縦波の定常波の腹の位置 x〔m〕を調べたところ，複数の点が見つかり，隣り合う点の間隔は $\boxed{(6)}$〔m〕となっていた。また，これらの点の中で x 座標が最小となるのは $x = \boxed{(7)}$〔m〕であった。

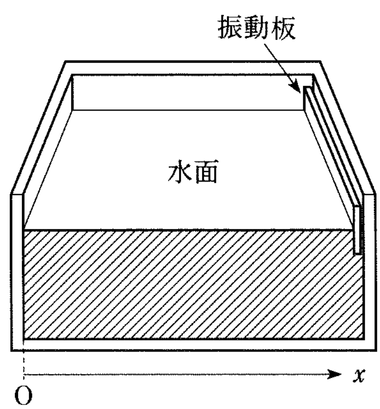

図 3