H—22 Ⓐ

理　　科

15：00〜17：00

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 39 ページある。このうち，「物理」は 2 〜 7 ページ，「化学」は 8 〜21 ページ,「生物」は 22〜33 ページ,「地学」は 34〜39 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。
   なお，選択問題がある科目については，問題文の指示に従うこと。
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。

◇M11(595—88)

物　　理

$\boxed{1}$ ばね定数 k〔N/m〕，自然長 l〔m〕で質量の無視できるつる巻きばねにつながれた，質量 m〔kg〕の小球の運動を考える。ばねが切れることはなく，ばねの弾性力の大きさは常にばねの伸びに比例する。また，ばねは伸び縮みするだけで曲がることはなく，小球がばねから受ける力は常にばねと平行である。以下の文章の $\boxed{}$ に適切な数式を入れよ。

問 1　図1のように，水平に置かれた十分大きな平板に，ばねの一端をとりつけ，その点をＯとする。平板はなめらかで，小球と平板の間の摩擦は無視できる。

小球を平板上で，点Ｏを中心に半径 r〔m〕($r > l$)で等速円運動させた。小球の速さを v〔m/s〕とすると，等速円運動の角速度は，v，r を用いて，$\boxed{(1)}$〔rad/s〕と表され，向心力の大きさは，m，v，r を用いて，$\boxed{(2)}$〔N〕となる。また，小球がばねから受ける力の大きさは，k，r，l を用いて，$\boxed{(3)}$〔N〕と表され，この力が向心力と等しいという条件から，角速度は，m，k，r，l を用いて，$\boxed{(4)}$〔rad/s〕となる。このことから，角速度の上限値は $\boxed{(5)}$〔rad/s〕となる。

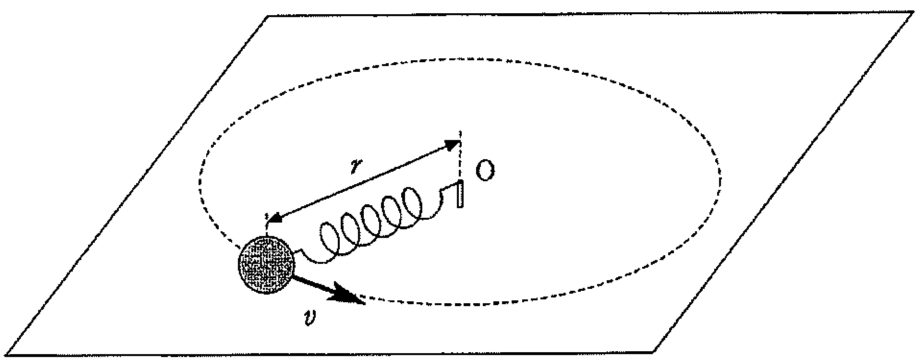

図1

問 2　次に，図 2 のようにばねの一端を天井にとりつけ，その点を O とし，点 O から鉛直方向に鉛直軸をとる。以下，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

小球を，点 O からの距離 r〔m〕($r > l$) 及びばねと鉛直軸がなす角度 θ を一定に保ちながら，水平面内で等速円運動させた。等速円運動の角速度を ω〔rad/s〕とすると，向心力の大きさは，m，r，θ，ω を用いて，$\boxed{(6)}$〔N〕となる。また，小球がばねから受ける力の水平成分の大きさは，k，r，l，θ を用いて，$\boxed{(7)}$〔N〕と表され，この力が向心力と等しいという条件から，角速度 ω は，m，k，r，l を用いて，$\boxed{(8)}$〔rad/s〕となる。さらに，小球がばねから受ける力の鉛直成分の大きさは，k，r，l，θ を用いて，$\boxed{(9)}$〔N〕である。この鉛直成分と重力がつりあう条件から，角度 θ は，$\cos\theta = \boxed{(10)}$ を満たすことがわかる。この関係を用いて，$\boxed{(8)}$ から k，l を消去すると，角速度は g，r，θ を用いて，$\boxed{(11)}$〔rad/s〕と表される。また，以上のことから，等速円運動が実現するためには，$r > \boxed{(12)}$〔m〕でなければならないことがわかる。

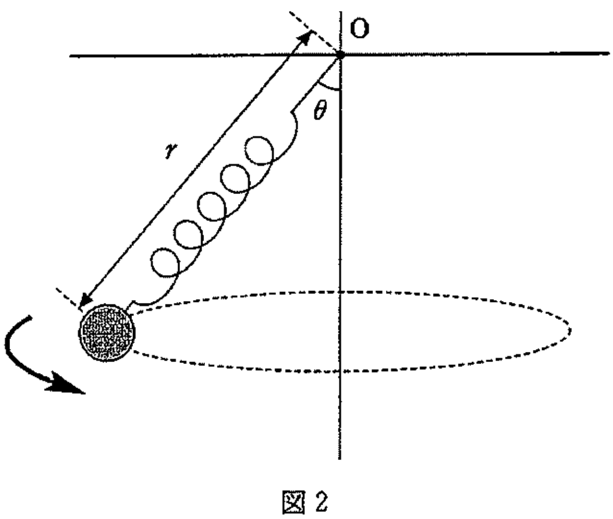

図 2

2 図1のように，起電力E〔V〕の電池，電気抵抗R〔Ω〕の抵抗，自己インダクタンスL〔H〕のコイル，電気容量C〔F〕のコンデンサーと，スイッチS_1，S_2を，抵抗の無視できる導線でつないだ回路がある。最初，スイッチS_1，S_2は開いており，コンデンサーには電荷がないものとする。以下の文章中の $\boxed{(1)}$ から $\boxed{(9)}$ に適切な数式を入れよ。また，$\boxed{(a)}$ と $\boxed{(b)}$ には適切な言葉を選択肢から選び，その記号を入れよ。

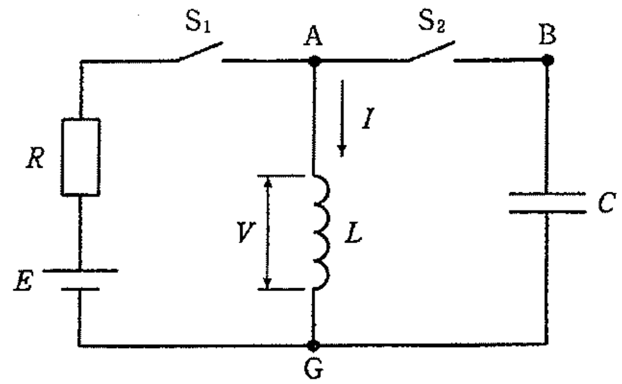

図1

問 1　スイッチS_2は開いた状態で，スイッチS_1を閉じるとコイルに電流I〔A〕が流れ始めた。コイルには電流の変化を妨げる向きに起電力が発生するので，このとき図1のGを基準とするAの電位は $\boxed{(a)}$ $\boxed{(ア)正，(イ)負}$ である。時間Δt〔s〕の間にコイルに流れる電流がΔI〔A〕だけ変化したとすると，コイルの自己誘導による起電力の大きさは$V=$ $\boxed{(1)}$ 〔V〕である。スイッチS_1を閉じた直後の電流は0なので抵抗による電圧降下は0であり，このときの電流の増加の割合$\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$の大きさは $\boxed{(2)}$ 〔A/s〕となる。

その後，電流Iは増加していくが，時間とともに増加の割合がゆるやかになり，じゅうぶんな時間が経過した後には電流は一定になる。このとき，回路に流れる電流とコイルに蓄えられるエネルギーは，E，R，Lを用いて，それぞれ $\boxed{(3)}$ 〔A〕，$\boxed{(4)}$ 〔J〕と表される。

問 2　次に，スイッチ S_2 を閉じると同時にスイッチ S_1 を開く。コイルは電流を一定に保とうとするので，スイッチの切りかえの直前と直後でコイルの電流は変化しない。今度はコイルとコンデンサーとの間にエネルギーのやりとりがおこり，固有周波数 $\boxed{(5)}$〔Hz〕の電気振動が始まる。スイッチ S_2 を閉じてから $\boxed{(6)}$〔s〕経過して，コイルの電流が初めて 0 になったときスイッチ S_2 を再び開いた。このときコンデンサーの電圧の大きさ V_C〔V〕は電気振動の電圧の最大値と等しく，コンデンサーに蓄えられるエネルギーは，C，V_C を用いて $\boxed{(7)}$〔J〕と表される。また，図 1 の G を基準とする B の電位は $\boxed{(b)}$ $\boxed{(ア)正，(イ)負}$ である。コイルに蓄えられたエネルギー $\boxed{(4)}$ が，すべてコンデンサーに移動したとすると，$V_C =$ $\boxed{(8)}$〔V〕と求められる。このことから，抵抗値を $R <$ $\boxed{(9)}$〔Ω〕とすれば，コンデンサーの電圧 V_C を電池の起電力 E よりも大きくすることができる。

$\boxed{3}$ 以下の問1から問3は $\boxed{\quad(1)\quad}$ ～ $\boxed{\quad(7)\quad}$ に適切な記号または数式を記入し，$\boxed{\quad(a)\quad}$ ～ $\boxed{\quad(c)\quad}$ については末尾の選択肢から適切な語句または関係式を選び，(ア)～(キ)の記号を入れよ。また問4は解答用紙中のグラフ内に作図せよ。

問 1　定圧モル比熱を C_p〔J/(mol・K)〕，定積モル比熱を C_V〔J/(mol・K)〕，それらの比 C_p/C_V を γ，気体定数を R〔J/(mol・K)〕とする。理想気体では C_p と C_V との間には $C_p - C_V =$ $\boxed{\quad(1)\quad}$ 〔J/(mol・K)〕の関係が成り立つので，C_p は γ および R を用いて $C_p =$ $\boxed{\quad(2)\quad}$ 〔J/(mol・K)〕と表せる。また，理想気体の断熱変化では，圧力 p〔Pa〕と体積 V〔m^3〕の間に $pV^{\gamma} =$ 一定が成り立つ。

問 2　図1のように，大気圧 p_0〔Pa〕下で断面積 A〔m^2〕のシリンダー内をなめらかに動くピストンがあり，1 mol の理想気体が封入されている。ピストンおよびシリンダーは断熱材で構成されており，シリンダー内には加熱用のヒーターが取り付けられている。初期状態では気体の圧力は p_0〔Pa〕，体積は V_0〔m^3〕，温度は T_0〔K〕である。この状態を S_0 と呼ぶ。

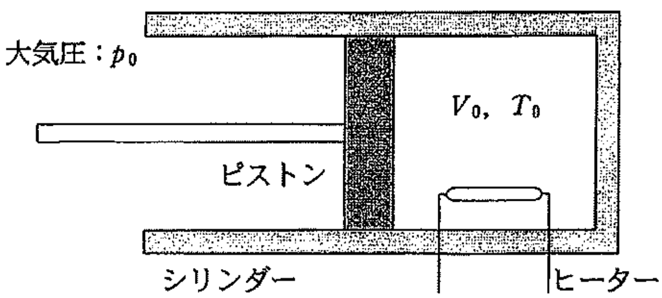

図1

状態 S_0 からヒーターで気体に Q〔J〕の熱を加えたところ，気体の体積は V_1〔m^3〕，温度は T_1〔K〕となった。ここでヒーターのスイッチを切った。この状態を S_1 と呼ぶ。S_0 から S_1 への変化は $\boxed{\quad(a)\quad}$ 変化であり，T_1 と V_1

はp_0, T_0, C_p, R, Qを用いて$T_1 =$ $\boxed{\ (3)\ }$ 〔K〕, $V_1 =$ $\boxed{\ (4)\ }$ 〔m^3〕と表せる。また，この間に気体が外部にした仕事W〔J〕と気体の内部エネルギー増加分ΔU〔J〕は，C_p, R, Qを用いて$W =$ $\boxed{\ (5)\ }$ 〔J〕，$\Delta U =$ $\boxed{\ (6)\ }$ 〔J〕と表せる。

問 3　状態S_1から，図2の矢印の方向にピストンに力を加えてゆき，温度が初期温度T_0〔K〕と等しくなるまで気体をゆっくりと膨張させたところ，ピストンを引く力の大きさはF〔N〕，気体の体積はV_2〔m^3〕となった。この状態をS_2と呼ぶ。S_1からS_2への変化は $\boxed{\ (b)\ }$ 変化であり，V_2はp_0, V_1, A, F, γを用いて$V_2 =$ $\boxed{\ (7)\ }$ 〔m^3〕と表せる。また，S_0, S_2における気体の内部エネルギーをそれぞれU_0〔J〕，U_2〔J〕とすると，それらの関係は $\boxed{\ (c)\ }$ となる。

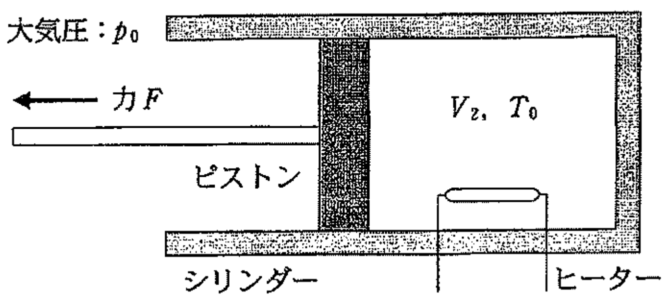

図 2

問 4　解答用紙の$p-V$グラフ上にS_1およびS_2を表す点，ならびに，S_0からS_1，S_1からS_2への変化を表す直線または曲線を記入せよ。ただし図は概略でよい。

選択肢

(ア)　定圧，(イ)　定積，(ウ)　等温，(エ)　断熱，	
(オ)　$U_0 > U_2$，(カ)　$U_0 = U_2$，(キ)　$U_0 < U_2$	

◇M11(595—94)