理　　　科

15：00～17：30

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58ページある。このうち，「物理」は2～11ページ，「化学」は12～28ページ，「生物」は29～48ページ，「地学」は49～58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・学科・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・学科・専攻	総合入試					学部別入試								
	理系					医学部						歯学部	獣医学部	水産学部
							保健学科							
科目	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医学科	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	○	○	○	○	○									○

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，監督者の指示に従って，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。

物　　理

$\boxed{1}$ 以下の文中の $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(10)}$ に適切な数式または数値を入れよ。

図1のように，水平方向に x 軸，鉛直上向きに y 軸をとり，半径 R〔m〕の円環を，中心が y 軸上に位置し，下端が x 軸に接するように，x–y 平面内に置いた。この円環の内側に取り付けられたレールの上を，大きさの無視できる質量 m〔kg〕の小球が運動する。円環に対する小球の位置は，円環の中心から y 軸下向きを基準に，反時計回りを正とする角度 θ〔rad〕で表すことができる。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

問 1 はじめ円環は固定されており，小球とレールの間に摩擦が働かない場合を考える。円環の最下点($\theta = 0$)に静止した小球に，水平方向右向きに速さ v_0〔m/s〕の初速度を与えたところ，小球はレールに沿って $\theta = \theta_1$($\frac{\pi}{2} < \theta_1 < \pi$)で表される位置まで上昇し，レールから離れて落下した。上昇中の θ($\frac{\pi}{2} < \theta < \theta_1$)における小球の速さは $\boxed{(1)}$〔m/s〕，そのときに小球に働く垂直抗力 N〔N〕は，$N = \boxed{(2)}$〔N〕である。また，$\cos\theta_1$ を v_0 で表すと $\cos\theta_1 = \boxed{(3)}$ である。

最下点において小球に与える速さを v_0'〔m/s〕に増やしたところ，小球はレールから離れることなく最上点を通過して円運動を続けた。このとき v_0' が満たすべき条件は，$v_0' \geqq \boxed{(4)}$〔m/s〕である。

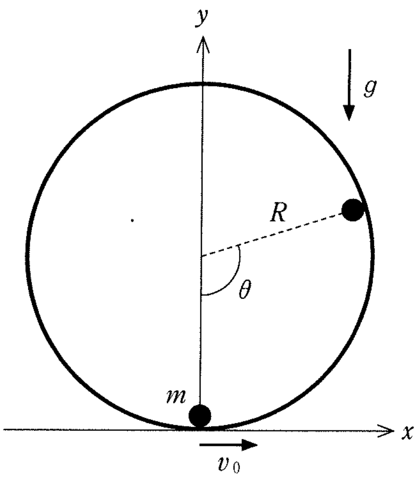

図 1

問 2　つぎに，円環が x 軸負の向きに大きさ a〔m/s^2〕($a > 0$)の一定の加速度で x–y 平面内を転がらずに動く場合を考える。小球とレールの間に摩擦は働かないものとする。図 2 のように，小球は θ_2〔rad〕($0 < \theta_2 < \frac{\pi}{4}$)の位置で円環に対して静止した。このとき，$\tan\theta_2 =$ $\boxed{\quad(5)\quad}$ である。つぎに，この小球の位置を円環に沿ってわずかにずらして離すと，$\theta = \theta_2$ のまわりで単振動した。この単振動の周期を，θ_2 を使わずに表すと，$\boxed{\quad(6)\quad}$〔s〕となる。

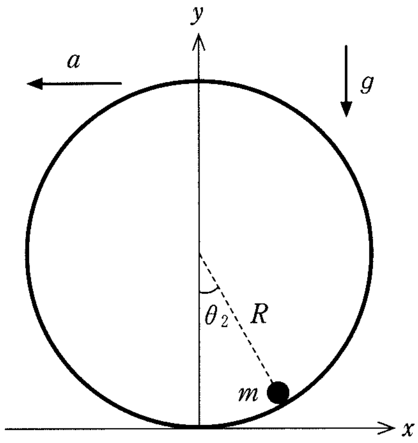

図 2

つぎに，小球とレールの間に摩擦が働く場合を考える。その静止摩擦係数を μ($0 < \mu < 1$)とする。はじめ小球は θ_2 の位置で円環に対して静止していた。円環の加速度をゆっくり増加させたところ，その大きさが $\boxed{\quad(7)\quad}$〔m/s^2〕より大きくなったところで小球は動きはじめた。

問 3　図 3 のように，円環が y 軸を中心に角速度 ω〔rad/s〕で回転し，小球はその円環の内側のレール上を運動している場合を考える。小球とレールの間に摩擦は働かないものとする。小球は $\theta = \theta_3$〔rad〕（$0 < \theta_3 < \frac{\pi}{2}$）で円環に対して静止した。このとき，$\omega =$ $\boxed{(8)}$ 〔rad/s〕である。また，小球に働く垂直抗力の大きさは θ_3 を使わずに $\boxed{(9)}$ 〔N〕と表すことができる。

また，角速度 ω が十分小さいときには，小球は円環の最下点（$\theta = 0$）のまわりで微小振動した。小球がこの振動をするための条件は，$\omega <$ $\boxed{(10)}$ 〔rad/s〕である。必要ならば，θ が小さいとき，$\sin\theta \fallingdotseq \theta$，$\cos\theta \fallingdotseq 1$ と近似できることを用いてよい。

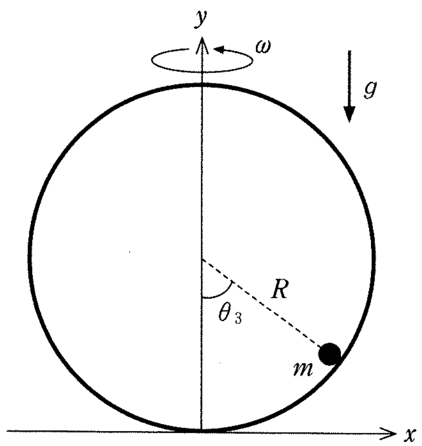

図 3

2 以下の文中の $\boxed{(1)}$ ， $\boxed{(4)}$ ， $\boxed{(6)}$ ～ $\boxed{(10)}$ に適切な数式または数値を入れよ。また， $\boxed{(2)}$ ， $\boxed{(3)}$ ， $\boxed{(5)}$ に適切な数値を有効数字２桁で答え， $\boxed{(あ)}$ ～ $\boxed{(え)}$ には選択肢から最も適切なものを一つ選べ。

問１ 図１の曲線は白熱電球Ｌにかけた電圧 V〔V〕と流れる電流 I〔A〕の間の関係を表している。

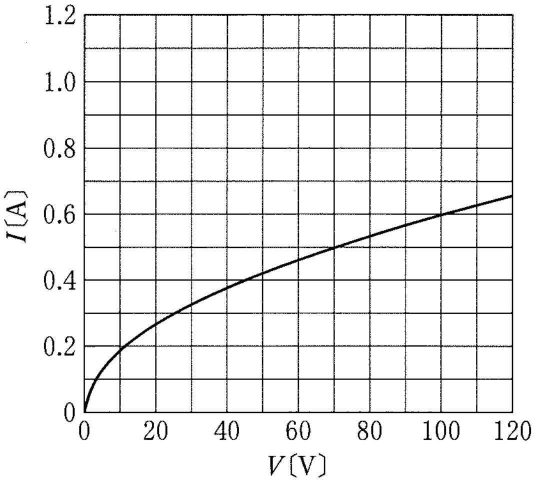

図１

この曲線から，例えばＬに100Ｖを印加したときに流れる電流は0.6Ａであることがわかる。この白熱電球Ｌと，内部抵抗が無視できる起電力100Ｖの電池 E_1，抵抗値が100Ωの抵抗 R_1 を用いて図２(a)に示す回路を作った。Ｌの両端の電圧を V_1，Ｌに流れる電流を I_1 とすると， V_1 と I_1 の間には図１の曲線の他に $\boxed{(1)}$ の関係式が成り立つ。この関係式と図１の曲線から $I_1 = \boxed{(2)}$ Ａとなり，Ｌでの消費電力は $\boxed{(3)}$ Ｗとなる。

つぎに，図２(b)のようにＬと抵抗値がそれぞれ R_2， R_3， R_4〔Ω〕の抵抗 R_2， R_3， R_4，内部抵抗を無視できる検流計Ｇ，可変電源 E_2 を用いてブリッ

ジ回路を作った。Lの両端の電圧をV_2〔V〕，流れる電流をI_2〔A〕，AからBに向かってGに流れる電流をΔI〔A〕とすると，V_2とI_2とΔIの間には図1の曲線の他に$I_2 =$ $\boxed{(4)}$ の関係式が成り立つ。R_2，R_3の抵抗値を100 Ω，R_4の抵抗値を140 Ωとしたブリッジ回路で，E_2の電圧が正の値で $\boxed{(5)}$ Vになったとき，Gに流れる電流はゼロとなった。この状態からE_2の電圧値を $\boxed{(あ)}$ するとGにはAからBの方向に電流が流れた。

$\boxed{(あ)}$ の選択肢：

(ア)　小さく　　　(イ)　大きく

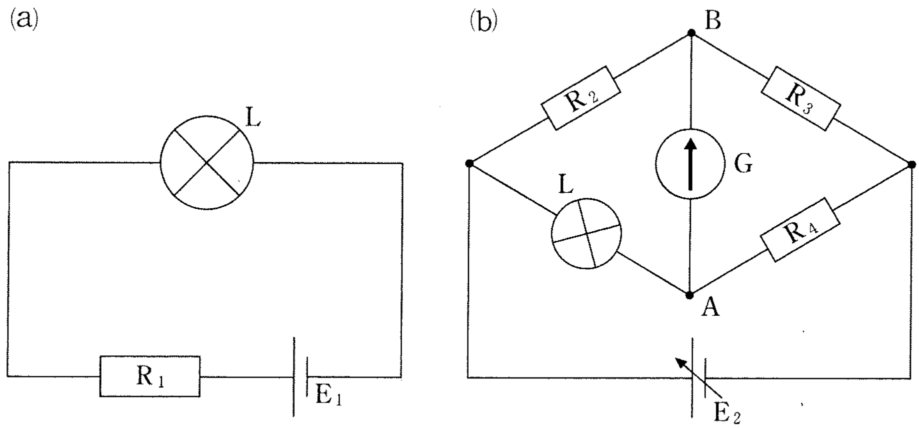

図2

問 2　図3(a)のように断面積がS〔m^2〕，長さL〔m〕，巻き数がNのコイル1がある。コイルの半径に比べて長さが十分に大きいので，コイル内部には一様な磁場(磁界)ができているとしてよい。まずコイルに時間変化しない電流I〔A〕が図中に示した方向に流れている場合を考える。コイル内部の磁場の強さはL, N, Iを用いて $\boxed{(6)}$ 〔A/m〕となり磁場の向きは図中の $\boxed{(い)}$ である。コイルの断面を貫く磁束は透磁率をμ_0〔H/m〕として $\boxed{(7)}$ 〔Wb〕で与えられる。

以下ではコイル1に時間変化する電流が流れている場合を考える。微小時間Δt〔s〕の間に電流はIから$I+\Delta I$〔A〕に変化した。このとき，自己誘導現象により回路には誘導起電力が生じる。この誘導起電力の大きさはΔt, ΔIを用いて $\boxed{(8)}$ 〔V〕であり，コイル1の自己インダクタンスは $\boxed{(9)}$ 〔H〕となる。つぎに図3(b)に示すようにM回巻きのコイル2をコイル1の外側に巻きつけた。相互誘導現象によりコイル2に発生する起電力の大きさはΔt, ΔIを用いて $\boxed{(10)}$ 〔V〕である。

$\boxed{(い)}$ の選択肢：

(ア)　右向き　　　　(イ)　左向き

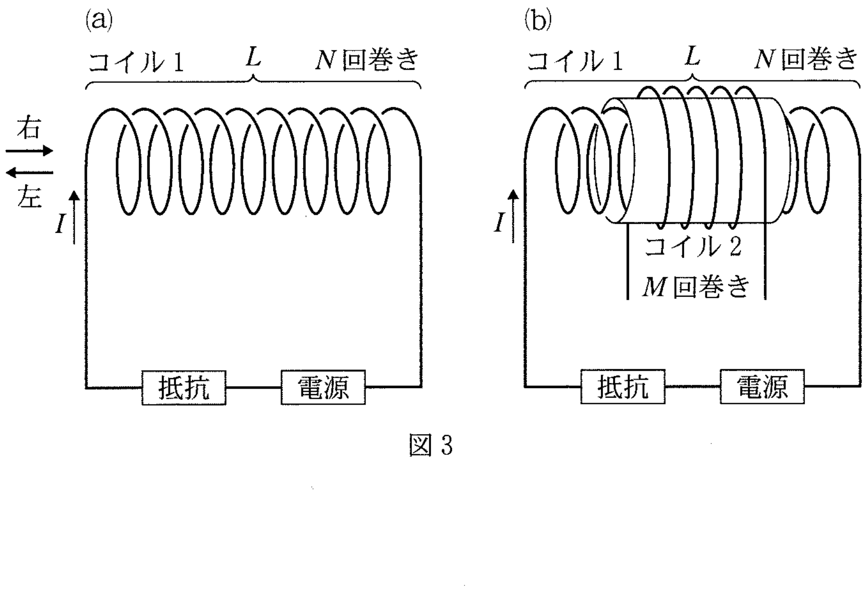

図3

最後に図4のように電源を定電圧電源とし，コイル1の左右に金属のリング1，リング2を糸でつるした。コイルとリングの中心は同一直線上にあり，さらにコイル断面とリングの面は平行である。スイッチSWを閉じた直後にリング1，リング2に流れる電流の向きは図中の $\boxed{\text{(う)}}$ であり，リング1，リング2が磁場から受ける力の方向は $\boxed{\text{(え)}}$ である。

$\boxed{\text{(う)}}$ の選択肢：

(ア) リング1が矢印a，リング2が矢印a

(イ) リング1が矢印a，リング2が矢印b

(ウ) リング1が矢印b，リング2が矢印a

(エ) リング1が矢印b，リング2が矢印b

$\boxed{\text{(え)}}$ の選択肢：

(ア) リング1が左，リング2が左　　(イ) リング1が左，リング2が右

(ウ) リング1が右，リング2が左　　(エ) リング1が右，リング2が右

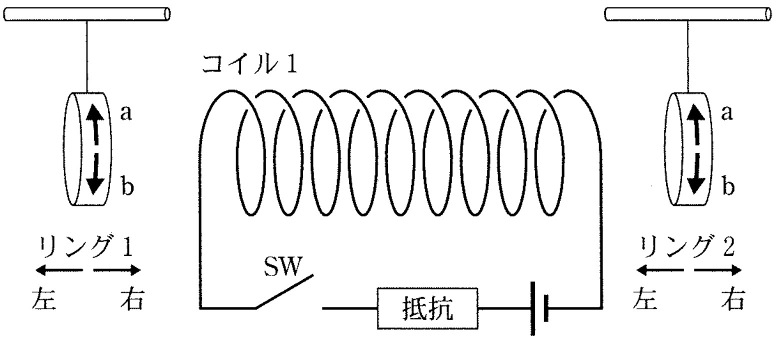

図4

3 以下の文中の $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(9)}$ に適切な数式を入れよ。また，$\boxed{(あ)}$ は140文字以内で記述せよ。

問 1 圧力 p〔Pa〕，体積 V〔m^3〕，気体定数 R〔J/(mol・K)〕，温度 T〔K〕としたとき，状態方程式 $pV = RT$ にしたがう 1 mol の理想気体の微小変化を考える。この微小変化において温度が T から $T + \Delta T$，体積が V から $V + \Delta V$ へ変化した。微小な体積変化 ΔV の区間においては，圧力 p は一定とみなせる。一般に気体に与えた熱量を Q〔J〕，理想気体が外部からされた仕事を W〔J〕，理想気体の内部エネルギーの増加分を ΔU〔J〕とすると，これら3つの物理量の間に $\Delta U = \boxed{(1)}$〔J〕の関係が成り立つ。この式を理想気体に適用すると，Q は ΔT と ΔV および定積モル比熱 c_V〔J/(mol・K)〕を用いて，$Q = \boxed{(2)}$〔J〕と表せる。

定圧変化の場合，$Q = \boxed{(2)}$〔J〕の関係式は微小変化量として ΔV を使わず ΔT のみを使って表すと，$Q = \boxed{(3)}$〔J〕となる。

一方，断熱変化における ΔT と ΔV の関係は，p，c_V を用いて表すと，$\Delta T = \boxed{(4)}$〔K〕となり，温度の変化率 $\dfrac{\Delta T}{T}$ と体積の変化率 $\dfrac{\Delta V}{V}$ との間には c_V，R を用いて $\dfrac{\Delta T}{T} = \boxed{(5)}\ \dfrac{\Delta V}{V}$ の関係が成り立つ。定圧変化における Q の関係から c_V を比熱比 γ と R で表すと $c_V = \dfrac{R}{\gamma - 1}$〔J/(mol・K)〕となり，これらから断熱過程においては $TV^{\gamma-1}$ が一定であることがわかる。

問 2　ピストンとシリンダーからなる容器の中に 1 mol の理想気体を封入し，図 1 に示すサイクルでゆっくりと変化させる。この過程を，問 1 の結果を用いて考える。状態 1 の温度および体積をそれぞれ T_1〔K〕，V_1〔m^3〕とする。状態 1 から状態 2 へ断熱圧縮をさせ体積が V_2〔m^3〕となった。このとき，増加する気体の内部エネルギーは，定積モル比熱 c_V〔J/(mol･K)〕，T_1，V_1，V_2，および比熱比 γ を用いて $\boxed{\quad(6)\quad}$〔J〕と表される。つぎに状態 2 から状態 3 に定積変化をさせた。さらに状態 3 から体積が V_1 になるまで断熱膨張をさせて状態 4 になった。このときの温度は T_4〔K〕であった。最後に状態 4 から状態 1 まで定積変化をさせた。状態 2 から状態 3 に定積変化をさせたとき，気体が吸収した熱量 Q〔J〕は，c_V，T_1，T_4，V_1，V_2，および γ を用いて $\boxed{\quad(7)\quad}$〔J〕と表される。このサイクルで気体がピストンにした仕事 W'〔J〕は，c_V，T_1，T_4，V_1，V_2，および γ を用いて $\boxed{\quad(8)\quad}$〔J〕となる。また，熱効率 e（熱量 Q に対する仕事 W' の割合）は，V_1，V_2，および γ を用いて $e = \boxed{\quad(9)\quad}$ と表される。封入する理想気体として，単原子分子気体と 2 原子分子気体のどちらを用いたほうが熱効率 e が高いかを，「分子の熱運動」の観点から数式を使わずに説明すると，$\boxed{\quad(あ)\quad}$ となる。

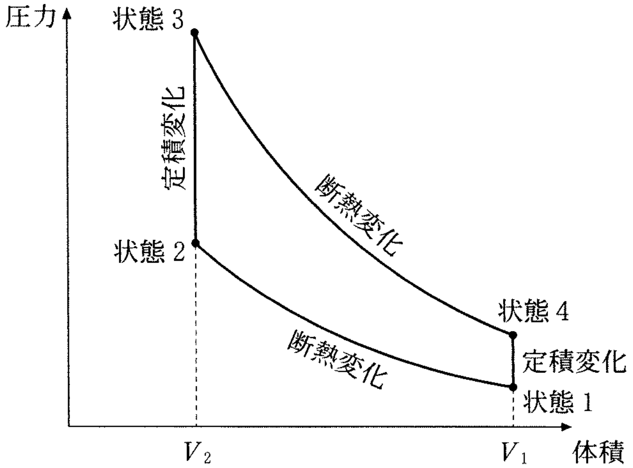

図 1