和歌山県立医科大学

平 成 31 年 度

理　　　科

問 題 冊 子

物　　理

第１問　次の文章を読んで $\boxed{}$ に適した式または値をそれぞれ記せ。また，**問１**は指示にしたがって解答せよ。なお，$\boxed{}$ は同じ番号の $\boxed{}$ ですでに与えられたものと同じ式または値を表す。

Ⅰ　図１－１のように，水平でなめらかな床の上に質量 M の台が置かれている。はじめ，台はストッパー１，２で固定されている。台の左内壁には，ばね定数 k の軽いばねの一端が固定され，ばねの他端には大きさの無視できる質量 m の小球Ａが取り付けられている。ばねが自然長のときの小球Ａの位置を原点Ｏとして，水平右方向に x 軸をとる。原点Ｏには，大きさの無視できる質量 u（$> m$）の小球Ｂが置かれている。なお，小球ＡとＢ，および小球Ｂと台の右内壁の衝突は弾性衝突とする。また，小球Ａと台，および小球Ｂと台の間の摩擦は無視できるものとする。

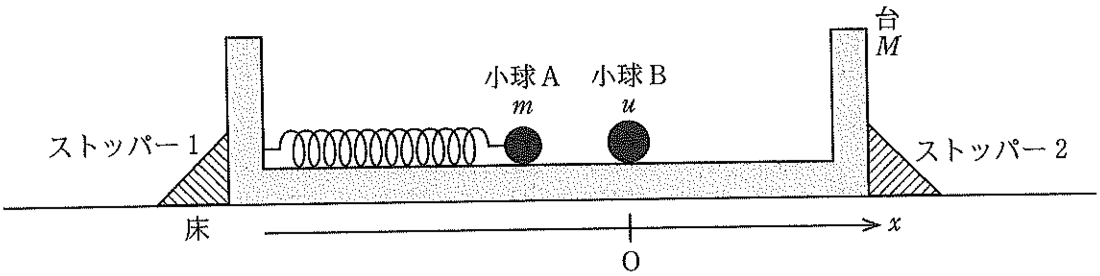

図１－１

小球Ａを押してばねを自然長から長さ x_0 だけ縮め，時刻 $t=0$ に小球Ａを静かにはなした。原点Ｏに置かれている小球Ｂに衝突する直前の小球Ａの速度は $\boxed{\ 1\ }$，衝突する時刻は $t_1 = \boxed{\ 2\ }$ である。また，衝突直後の小球Ａの速度は $\boxed{\ 3\ }$，小球Ｂの速度は $\boxed{\ 4\ }$ である。

衝突直後の小球ＡとＢの**速さ**が等しくなるのは，小球Ｂの質量 u が $\boxed{\ 5\ }$ のときであり，その速さは，m，k，x_0 のうち必要なものを用いて表すと $\boxed{\ 6\ }$ である。以下では $u = \boxed{\ 5\ }$ とし，小球Ｂが台の右内壁に衝突してはね返った後，時刻 $t = 3t_1$ に小球Ａと再び衝突する場合を考える。このときの台の右内壁と原点Ｏとの距離は，m，k，x_0 のうち必要なものを用いて表すと $\boxed{\ 7\ }$ である。

問１　時刻 $t=0$ から $t = 6t_1$ までの小球Ａの位置の変化を実線（——）で，小球Ｂの位置の変化を破線（------）で図示せよ。

Ⅱ　次に，図1－2のようにストッパー2をはずし，小球Bを台から取り除いた後，小球Aを押してばねを自然長から長さ x_1（＜ $\boxed{7}$ ）だけ縮め，静かにはなした。台がストッパー1から離れてなめらかな床の上を動き始める瞬間，床に静止している人から見た小球Aの速度は $\boxed{8}$ である。また，ばねの伸びが w のとき，床に静止している人から見た台の加速度は $\boxed{9}$ である。台と一緒に動く人から見ると，小球Aの加速度は $\boxed{10}$ となり，周期 $\boxed{11}$ の単振動をすることがわかる。

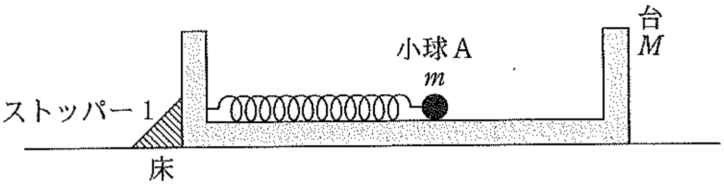

図1－2

ばねが最も伸びたとき，床に静止している人から見た小球Aの速度は $\boxed{12}$ ，台の速度は $\boxed{13}$ ，ばねの伸びは $\boxed{14}$ である。

第2問 次の文章を読んで $\boxed{}$ に適した式または値をそれぞれ記せ。ただし，$\boxed{15}$ については，図2－2の回路(ア)～(ウ)の中から正しいものを選び，記号で答えよ。なお，$\boxed{}$ は同じ番号の $\boxed{}$ ですでに与えられたものと同じ式または値を表す。

I 図2－1のように，電気容量 C のコンデンサー，自己インダクタンス L のコイル，抵抗値 R の抵抗器，スイッチ，および交流電源からなる回路がある。交流電源の電圧は，点cを基準にした点aの電位で表すと $V_0 \sin\omega t$ となる。ここで，t は時刻，ω は角周波数である。電流の向きは，図2－1の矢印の向きを正とする。なお，交流電源，コンデンサー，コイルの内部抵抗，および導線の抵抗は無視できるものとする。

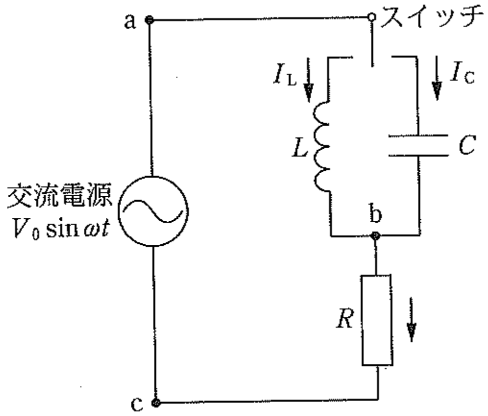

図2－1

必要であれば，微小時間 Δt の $\cos\omega t$ の変化量 $\Delta\cos\omega t$ と，$\sin\omega t$ の変化量 $\Delta\sin\omega t$ について $\dfrac{\Delta\cos\omega t}{\Delta t} = -\omega\sin\omega t$，$\dfrac{\Delta\sin\omega t}{\Delta t} = \omega\cos\omega t$ が成り立つことを用いてよい。また，三角関数の公式 $A\sin\theta + B\cos\theta = \sqrt{A^2+B^2}\sin(\theta+\delta)$ を用いてよい。ただし，$\tan\delta = \dfrac{B}{A}$ である。

はじめに，スイッチをコンデンサー側に接続した。一般に，コンデンサーに流れる電流は，微小時間 Δt とその間のコンデンサーの電荷量の変化 ΔQ を用いると $\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}$ で表される。いま，点bを基準にした点aの電位を $V_C = V_1\sin(\omega t - \varphi_1)$ とおくと，コンデンサーの電流は $I_C = \boxed{1}$ となる。一方，点cを基準にした点aの電位は，$V_C + I_C R$ であることより，V_1，C，R，ω，φ_1 のうち必要なものを用いて $\boxed{2} \times \sin(\omega t - \varphi_1 + \alpha)$ とおくことができる。ただし，V_1，C，R，ω のうち必要なものを用いると $\tan\alpha = \boxed{3}$ である。これを交流電源の電圧と比較すると $\varphi_1 = \alpha$，$V_1 = \boxed{4}$ となる。また，$\boxed{1}$ を V_0，C，R，ω，t，φ_1 のうち必要なものを用いて書き直すと，$I_C = \boxed{5}$ となる。

次に，スイッチをコイル側に接続した。コイルに流れる電流を $I_L = I_2\sin(\omega t - \varphi_2)$ とおくと，点bを基準にした点aの電位は $V_L = \boxed{6}$ となる。一方，点cを基準にした点aの電位は，$V_L + I_L R$ であることより，I_2，L，R，ω，φ_2 のうち必要なものを用いて $\boxed{7} \times \sin(\omega t - \varphi_2 + \beta)$ とおくことができる。ただし，I_2，L，R，ω のうち必要なものを用いると $\tan\beta = \boxed{8}$ である。これを交流電源の電圧と比較すると $\varphi_2 = \beta$，$I_2 = \boxed{9}$ となる。また，$\boxed{6}$ を V_0，L，R，ω，t，φ_2 のうち必要なものを用いて書き直すと，$V_L = \boxed{10}$ となる。

II　図２－２のように，電気容量Cのコンデンサー，自己インダクタンスLのコイル，抵抗値Rの抵抗器，可変抵抗器r，スイッチ，および交流電源からなる３つの回路がある。交流電源の電圧は，点ｄを基準にした点ａの電位で表すと$V_0\sin\omega t$となる。ここで，tは時刻，ωは角周波数である。

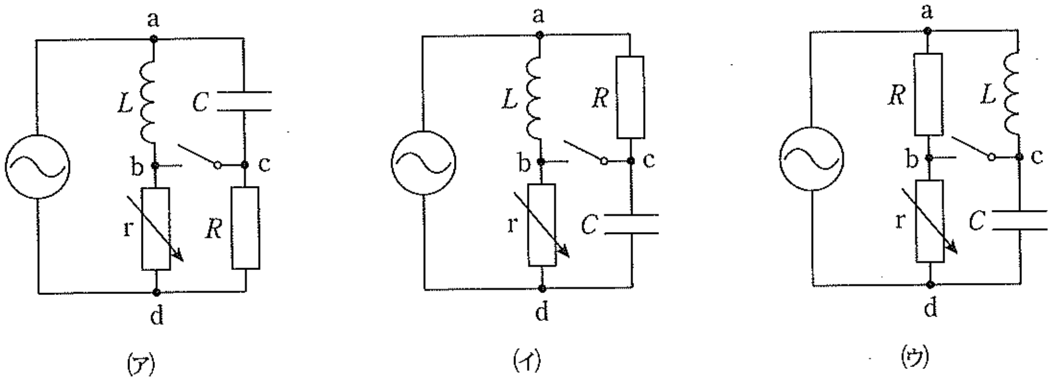

図２－２

はじめに，それぞれのスイッチが開いている場合を考える。回路(ア)～(ウ)の可変抵抗器ｒの抵抗値をxとし，点ｄを基準にした点ｂの電位をV_rとする。回路(ア)と(イ)では$V_r=$ $\boxed{\ 11\ }$ $\times\sin(\omega t-\varphi_3)$，回路(ウ)では$V_r=$ $\boxed{\ 12\ }$ $\times\sin(\omega t-\varphi_4)$とおくことができる。ただし，$\tan\varphi_3=$ $\boxed{\ 13\ }$，$\tan\varphi_4=$ $\boxed{\ 14\ }$ である。

次に，それぞれのスイッチを閉じた場合を考える。回路(ア)～(ウ)の中で，可変抵抗器ｒを調整すると点ｂと点ｃの間に常に電流が流れなくなる回路は $\boxed{\ 15\ }$ である。そのとき，V_rの位相と点ｄを基準にした点ｃの電位の位相が一致していることから，ｒの抵抗値は $\boxed{\ 16\ }$ であることがわかる。また，V_rの最大値は $\boxed{\ 17\ }$ となる。

第3問 次の文章を読んで $\boxed{}$ に適した式または値をそれぞれ記せ。また，問1，問2は指示にしたがって解答せよ。なお，$\boxed{}$ は同じ番号の $\boxed{}$ ですでに与えられたものと同じ式または値を表す。

図3のような装置を用いて比熱比を測定することを考える。一端が大気に開放されているU字管が取り付けられた断面積 S のシリンダーが，水平な床の上に置かれている。U字管の一部(図3の斜線部分)には密度 ρ の液体が入っている。シリンダーは気密性を保ったまま滑らかに動くピストンにより大気と仕切られ，内部に理想気体が封入されている。質量の無視できるピストンの上には，軽い糸につながれたおもりが置かれている。シリンダー，ピストン，U字管は極めてゆっくり熱を通す材質でできている。シリンダーは圧力 p_0 で絶対温度 T_0 の大気中に置かれているものとし，重力加速度の大きさを g とする。なお，U字管の断面積は一定で，体積はシリンダーに比べて十分小さいため無視してよいものとする。また，液体の蒸発，表面張力，温度変化は無視してよいものとする。

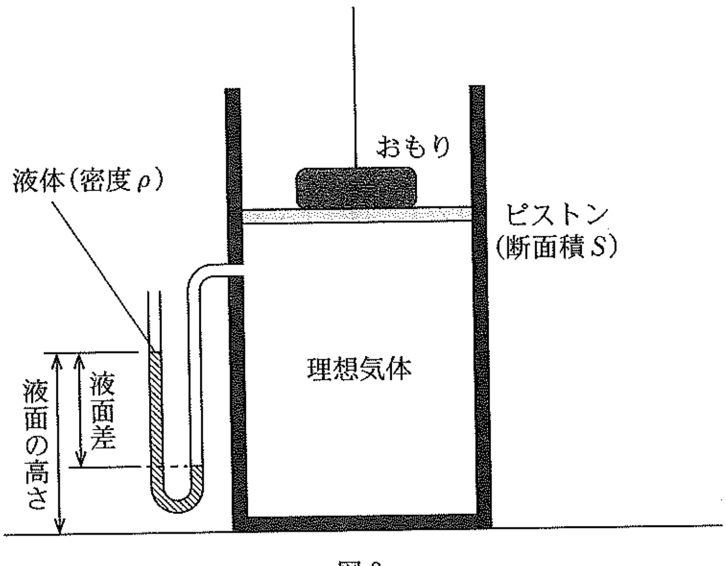

図3

I　糸の張力をゼロにして十分長い時間放置したところ，理想気体の絶対温度が T_0 になった。この状態をAとする。図3のようにU字管の液面は大気側が高く，床から大気側の液面までの高さは h_A，液面の高さの差(液面差)は l_A であった。理想気体の圧力は，液面差 l_A の液体柱の重さによる圧力 $\boxed{\quad 1 \quad}$ の分だけ大気圧 p_0 と異なることから，$p_A = \boxed{\quad 2 \quad}$ であることがわかる。また，おもりの質量は $\boxed{\quad 3 \quad}$ である。以下では，状態Aの理想気体の体積を V_A とする。

Ⅱ　次に，糸にかかる張力を少しずつ大きくしたところ，ピストンはゆっくりと動きだした。U字管の液面差がx（$0 < x < l_A$）のときの理想気体の圧力は $\boxed{4}$ ，張力の大きさは $\boxed{5}$ である。さらに糸の張力を大きくしたところ，その大きさが $\boxed{3}$ $\times g$ になったところでピストンは静止した。この状態をBとする。床から大気側の液面の高さは $\boxed{6}$ ，理想気体の圧力は $\boxed{7}$ である。以下では，解答にp_Aを用いてよい。

ここで状態Aから状態Bへの過程は断熱変化とみなしてよいものとする。一般に，理想気体の断熱変化では，圧力をp，体積をV，比熱比を$\gamma(>1)$として，$pV^{\gamma}=$一定の関係が成り立つ。この関係式を利用すると，状態Bでの理想気体の体積は $\boxed{8}$ ，絶対温度は $\boxed{9}$ である。一方，比熱比γと気体定数Rを用いると，定積モル比熱は$\dfrac{R}{\gamma-1}$，定圧モル比熱は$\dfrac{\gamma R}{\gamma-1}$となる。状態Aから状態Bにおける理想気体の内部エネルギーの変化は $\boxed{10}$ ，大気がされた仕事は $\boxed{11}$ ，張力が行った仕事は $\boxed{12}$ である。

Ⅲ　状態Bでピストンを固定して十分長い時間放置したところ，理想気体の絶対温度がT_0になった。この状態をCとする。理想気体の圧力は$p_C=$ $\boxed{13}$ となる。状態Bから状態Cへの過程で理想気体が吸収した熱量は $\boxed{14}$ である。

以下の**問1**，**問2**において，必要であればxの自然対数を$\log x$とし，公式$\log xy=\log x+\log y$，$\log\dfrac{x}{y}=\log x-\log y$，$\log x^{y}=y\log x$を用いてよい。さらに，**問2**では，$|x|\ll 1$のときの近似式$\log(1+x)\fallingdotseq x$も用いてよい。

問 1　比熱比γを，p_0，p_A，p_Cのうち必要なものを用いて表せ。

問 2　$p_0\gg$ $\boxed{1}$ となるとき，比熱比γを，l_Aとl_Cを用いて表せ。ただし，l_Cは状態CでのU字管の液面差である。