

平成 27 年度入学者選抜学力検査問題(前期日程)

理 科

## 物理基礎・物理

(注 意)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は 8 ページ、解答用紙は 4 枚である。指示があつてから確認すること。
3. 解答はすべて解答用紙の指定のところに記入すること。
4. 計算その他を試みる場合は、問題冊子の余白を利用すること。
5. 解答用紙は持ち帰ってはならないが、問題冊子は必ず持ち帰ること。

〔I〕

図 I に示すように、質量  $m$  [kg] の小球を斜面 AB 上の点 A に置き静かに放す。点 A の高さは  $h$  [m] とする。小球は点 B を通過し、点 C に図のように鉛直面内に立てた半径  $r$  [m] の回転レールを一周する。その後、長さ  $2r$  [m] のあらい床 EF を通過し、半径  $2r$  [m] の円弧状斜面を通り円弧の中心角が  $60$  度となる点 G から空中に放出される。そして、点 G より  $1.5r$  [m] 低い床面上の点 H に落下する。あらい床 EF の動摩擦係数を  $0.5$  とし、あらい床 EF 以外はなめらかとする。また、小球の大きさ、空気抵抗は無視し、重力加速度は  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。以下の問いに答えよ。

- (1) 小球が点 B を通過するときの速さ  $V_B$  [m/s] を  $g, h$  を用いて答えよ。
- (2) 小球が回転レールの最上点 D を通過したとすると、点 D での速さ  $V_D$  [m/s] の条件を  $g, r$  を用いて答えよ。
- (3) 小球が回転レールの最上点 D を通過するには、点 A の高さ  $h$  を回転レール半径  $r$  の何倍以上とすればよいか答えよ。
- (4) 小球が点 G から放出されるときの速さ  $V_G$  [m/s] を  $g, h, r$  を用いて答えよ。
- (5) 小球が空中に放出されてから点 H に落下するまでの時間  $t$  [s] を  $g, h, r$  を用いて答えよ。

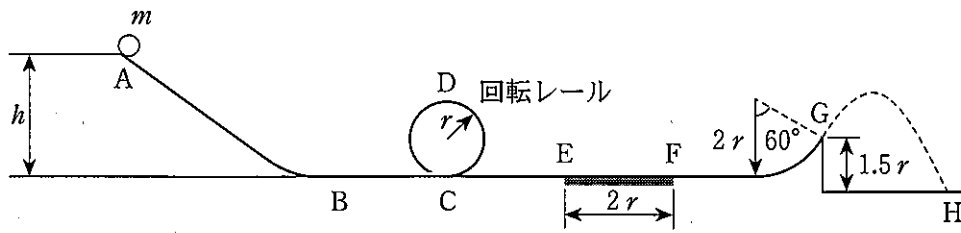


図 I

## { II }

図Ⅱ—1に示すような、内部の幅が $5L$  [m]、高さが $L$  [m]、奥行きが $L$  [m]のなめらかな内壁をもつ直方体の容器がある。容器内には、右内壁の中央にばね定数 $k$  [N/m]で質量が無視できるばねが取り付けられている。また、ばねの先端には、直径 $L$  [m]、質量 $m$  [kg]の球体取り付けられている。ばねが自然長の状態であるとき、球体は、容器内のちょうど中央で静止した。この容器を、右内壁を上面にして静かに立て、図Ⅱ—2に示すように、静止しているエレベーターの天井に鉛直軸に沿うように静かに取り付けた。球体の空気抵抗は無視できるとし、円周率を $\pi$ 、重力加速度を $g$  [m/s<sup>2</sup>]として以下の問いに答えよ。ただし、解答には問題文中(小問も含む)の記号を用いること。

- (1) 球体の密度 [kg/m<sup>3</sup>] を求めよ。
- (2) エレベーターが静止しているとき、球体は容器底面には接触せず、ばねは自然長からわずかに伸びて静止した。このときの、ばねの伸び [m] を求めよ。
- (3) エレベーターが、静止している状態から加速度 $e$  [m/s<sup>2</sup>]で上昇を始めた。この時、エレベーターに乗車している人が球体の動きを観察すると、球体は容器底面には接触せず、単振動した。この単振動の振幅 [m] を求めよ。
- (4) エレベーターの加速度 $e$  [m/s<sup>2</sup>]が大きい場合、球体は容器底面に接触する。球体が容器底面に接触せず単振動するときのエレベーターの加速度 $e$  [m/s<sup>2</sup>]の条件を、不等号を用いて表せ。
- (5) エレベーターに乗車している人から見て、ばねの中心軸に沿って鉛直上向き方向に $x$  軸 [m] をとり、エレベーターが静止しているときの球体の中心位置を $x$  座標の原点 ( $x = 0$  [m]) とする。なお、座標系 $x$  はエレベーターに固定したものとする。また、時間を $t$  [s] とし、エレベーターが静止した状態から上昇し始めた時刻を $t = 0$  [s] とする。球体が周期 $T$  [s] で単振動するとき、時刻 $t = 0$  [s] から $t = T$  [s] までの球体の位置 $x$  [m]、速度 $v$  [m/s]、および加速度 $a$  [m/s<sup>2</sup>]の時間変化を表す図として、最も適切なものを図Ⅱ—3の①から⑨の中からそれぞれ選べ。ただし、球体の速度および加速度は、鉛直上向き方向を正とする。

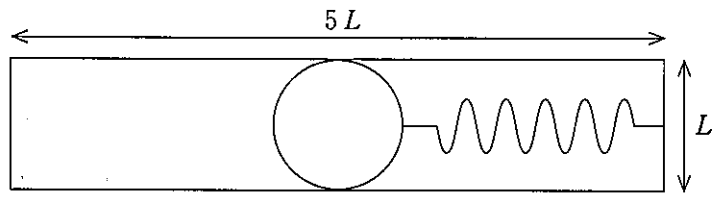


图 II-1

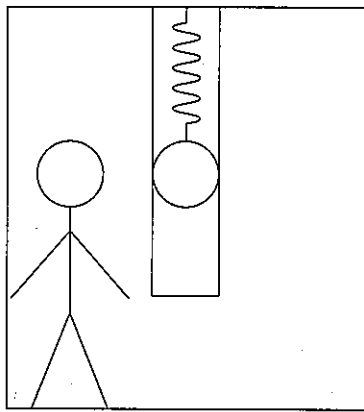


图 II-2

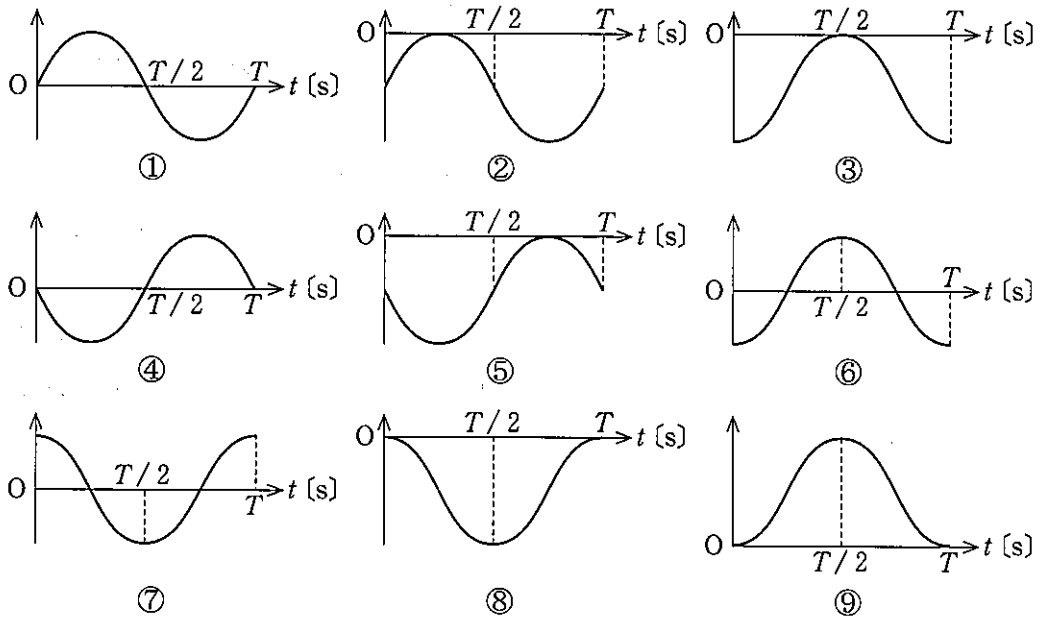


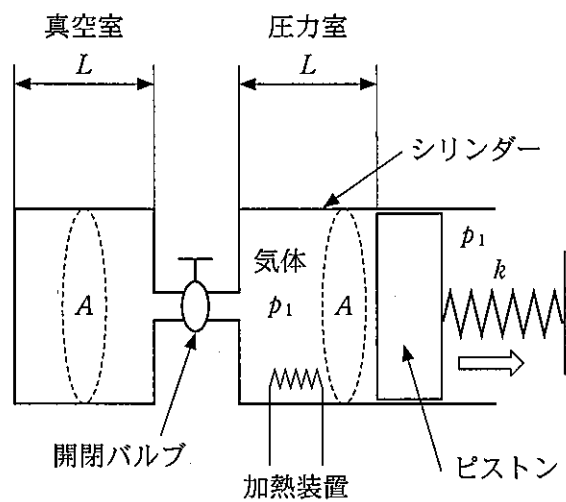
图 II-3

### 〔Ⅲ〕

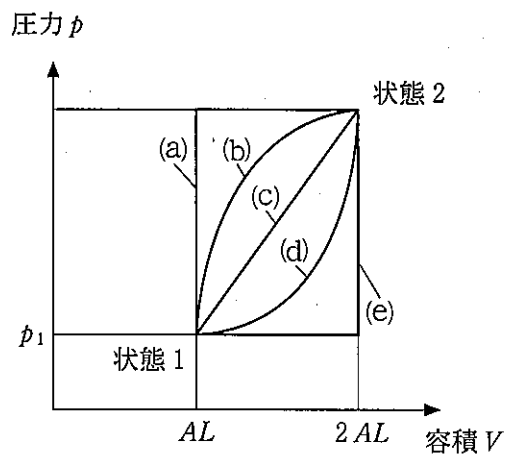
図Ⅲ—1 に示すように、シリンダーとピストンに囲まれ、周囲が断熱された圧力室がある。圧力室の断面積は  $A$  ( $\text{m}^2$ )、長さは  $L$  ( $\text{m}$ ) でその中に 1 モルの気体が圧力  $p_1$  ( $\text{Pa}$ ) で入っている。圧力室の中には加熱装置があり、中の気体を均一に加熱できる。ピストンの外側は圧力  $p_1$  であり、外側にはばね定数  $k$  ( $\text{N/m}$ ) のばねが取り付けられ、ピストンの反対側は固定されている。また、圧力室の左側には、開閉バルブを介して断面積  $A$ 、長さ  $L$  の真空室が周囲と断熱された状態で設けられている。ピストンはシリンダーの中をなめらかに動き、両者の間から気体のもれはないとする。開閉バルブと連結通路の容積は無視でき、気体が通過するとき損失は生じないとする。

初め開閉バルブは閉じていてピストンは図Ⅲ—2 に示す状態 1 にあり、ばねは自然長の状態にある。状態 1 から加熱装置で気体をゆっくりと加熱したところ、ピストンが右方向に移動してばねが縮み圧力室の容積が 2 倍の状態 2 になった。問(2)以外は、 $L$ 、 $p_1$ 、 $A$ 、 $k$  および気体定数  $R$  ( $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ) を用いて次の問いに答えよ。気体は理想気体として扱う。

- (1) 状態 1 での気体の絶対温度  $T_1$  ( $\text{K}$ ) を求めよ。
- (2) 状態 1 から状態 2 への変化でたどる圧力室の容積と圧力の関係を、図Ⅲ—2 の(a)~(e)の 5 種類の変化過程の中から選べ。
- (3) ピストンが動いた後の状態 2 での気体の温度  $T_2$  を求めよ。
- (4) 気体が単原子分子であるとき、上記の変化で加熱装置により加えられた熱量  $Q$  を求めよ。
- (5) 状態 2 のピストンの位置を固定して開閉バルブを開いたところ、圧力室と真空室の圧力は  $p_1$  になった。この場合の  $k$  を求めよ。ただし、この変化では気体の内部エネルギーの総量は変化しないものとする。



図III-1



図III-2

#### [IV]

図IV—1に示すような回路があり、電源から抵抗 $R_1[\Omega]$ を通してコイル1に電流 $I_1[\text{A}]$ が流れ、それによって鉄心中に発生した磁束 $\phi[\text{Wb}]$ はすべてコイル2を通るようになっている。また、コイル2には、抵抗 $R_2[\Omega]$ が接続されており、流れる電流を $I_2[\text{A}]$ とする。ただし、 $I_1$ 、 $\phi$ 、 $I_2$ はそれぞれ図の矢印の向きを正の値とし、逆向きのときを負の値で表すものとする。また、コイル1、コイル2の巻き線の方向は図の通りであり、コイル2の巻数を $N$ とする。さらに、すべての導線、コイルの抵抗は無視でき、また $I_2$ は $I_1$ にくらべて十分小さく、 $I_2$ の作る磁束は無視できるものとする。

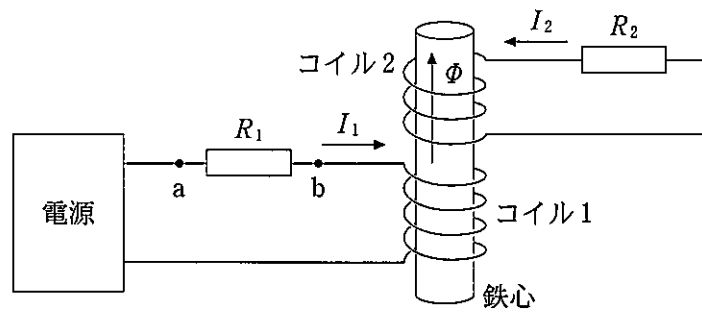
さて、 $I_1$ の時間 $t[\text{s}]$  ( $0 \leq t \leq 5T$ )に対する変化が図IV—2に表されている。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1)  $R_1$ の両端の電圧 $V[\text{V}]$  (点bに対する点aの電位)の $t$ に対する変化を表す図として、最も適切なものを図IV—3の①から⑨の中から番号で選べ。また、 $I_1$ の最大値を $I_m[\text{A}]$ とすると、 $|V|$ が最大となるときの $V$ を求めよ。
- (2)  $\phi$ の $t$ に対する変化を表す図として、最も適切なものを図IV—3の①から⑨の中から番号で選べ。
- (3)  $I_2$ の $t$ に対する変化を表す図として、最も適切なものを図IV—3の①から⑨の中から番号で選べ。

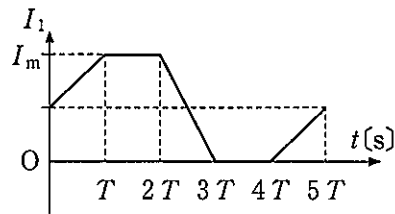
以下の問いでは、 $|\phi|$ の最大値を $\phi_m[\text{Wb}]$ として、 $\phi_m$ 、 $R_2$ 、 $N$ 、 $T$ を用いて答えよ。

- (4)  $|I_2|$ が最大となるときの $I_2$ を求めよ。
- (5) 時間 $0 \leq t \leq 5T$ において、 $R_2$ で発生する熱(ジュール熱)を求めよ。

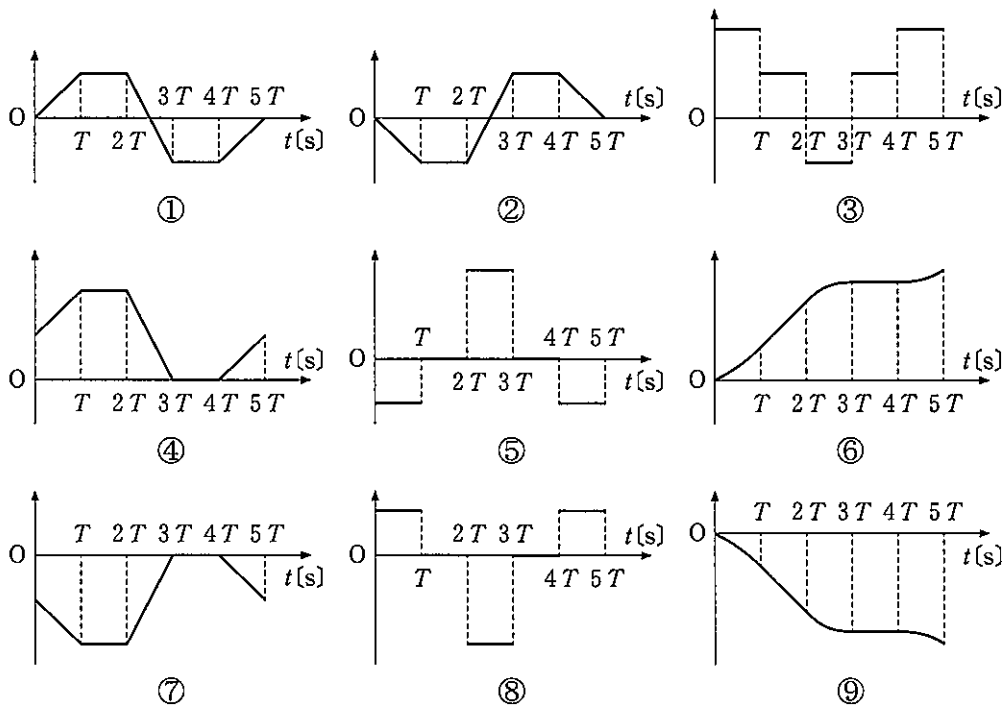




図IV-1



図IV-2



図IV-3

# 補足説明

14時50分開始

科目名 物理基礎・物理

補足説明

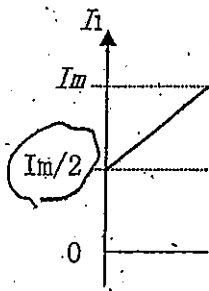
解答には単位を記入する必要はない。

# 問題訂正

14時50分開始 科目名 物理基礎・物理

## 問題訂正

問題 p.8 図IV-2 の縦軸に  $I_m/2$  を追加する。



解答用紙 [I]

(2) 及び (3) の

$\geq$  を  $\geq$  に訂正する。