

平成 31 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 7 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. 解答用紙の指定のところに解答のみを記入すること。問題文に指示のない限り，導出過程は必要ない。
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〕

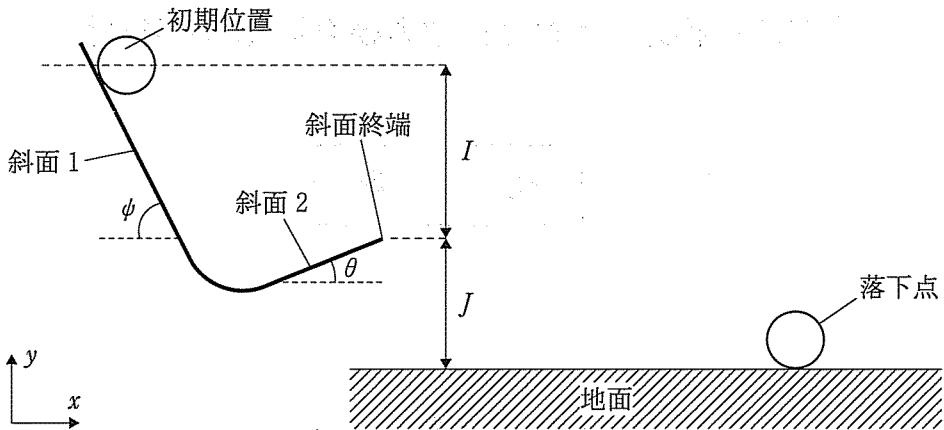


図 I—1

問 1 図 I—1 に示すように、斜面 1 上の初期位置に静止していた質量  $m$  [kg] の玉が斜面 1 を滑り落ち、その後に斜面 2 を登って斜面終端(地面から  $J$  [m] 高く、初期位置よりも  $I$  [m] だけ低い)より飛び出す運動を考える。図中の斜面は固定されており、斜面 1 と斜面 2 はその接合部も含めて全て滑らかであって摩擦抵抗はないものとする。2 つの斜面 1 と斜面 2 が水平方向( $x$  方向)と成す角度は図 I—1 に示すようにそれぞれ  $\phi$  [°] と  $\theta$  [°] とする。いずれも  $0^\circ$  よりも大きく  $90^\circ$  より小さい。また、玉が斜面上を移動する際にはバウンドのような現象は起こらず、玉は斜面 2 の終端から飛び出す以外において斜面から離れることはないものとする。図中の地面は  $x$  方向に平行であるものとする。玉の大きさは考慮せず、質点として考えてよい。空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度を  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とするとき、以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 玉が斜面終端から飛び出した瞬間の  $x$  方向と  $y$  方向それぞれの玉の速度  $v_x$  [m/s],  $v_y$  [m/s] を求めよ。
- (2) 斜面終端より飛び出した後の玉の  $y$  方向の最高到達点における、斜面終端からの  $x$  方向の距離  $x_{\max}$  [m] と地面からの  $y$  方向の距離  $y_{\max}$  [m] をそれぞれ求めよ。
- (3) 玉が斜面終端より飛び出した後の落下点(一番最初に地面に落ちた点)における、斜面終端からの  $x$  方向の距離を求めよ。落下後の玉の運動は無視する。

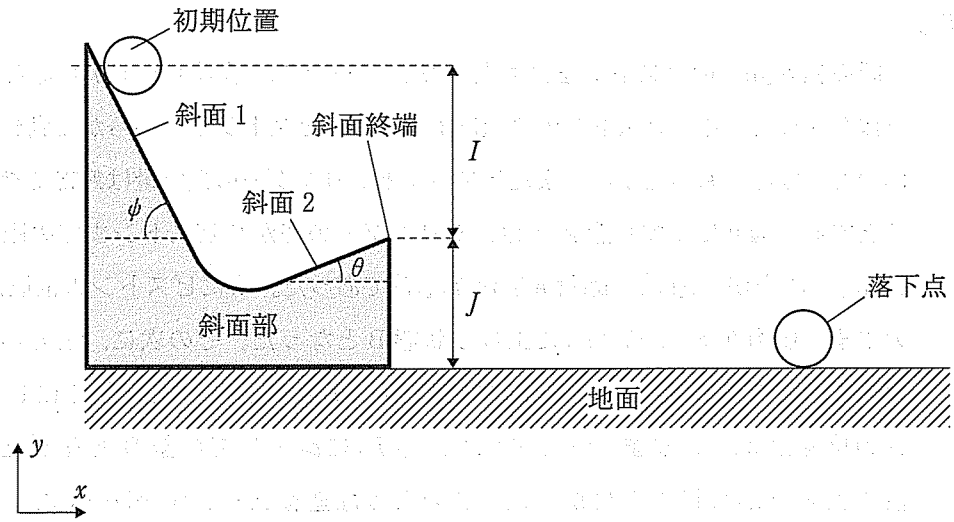


図 I—2

問 2 次に図 I—2 に示すように斜面部が質量  $M$  [kg] を有し、地面上を  $x$  方向に自由に動くことができる問題を考える。斜面部と地面の摩擦抵抗は考えず、地面は全面に渡って滑らかであるとする。また、斜面部が自由に動く以外は全て問 1 に同じとする。このとき、以下の(1)と(2)に答えよ。

(1) 玉が斜面終端より飛び出した瞬間の  $x$  方向の玉の速度を  $v'_x$  [m/s] とするとき、 $x$  方向の斜面部の速度  $V_x$  [m/s] を  $v'_x$ ,  $M$ ,  $m$  を用いて表せ。なお、いずれの速度においても地面上に固定されたある観測点を基準としたものとする(斜面部と玉との相対的な速度ではないので注意すること)。

(2) 玉が斜面終端より飛び出した瞬間の  $x$  方向と  $y$  方向それぞれの玉の速度  $v'_x$  [m/s],  $v'_y$  [m/s] を求めよ。 $V_x$  を含まない形式にて解答すること。

(1)と同様に地面上に固定されたある観測点を基準とした速度とする。

## 〔Ⅱ〕

断面積  $S[\text{m}^2]$  のピストンを備えたシリンダー内に、単原子分子からなる理想気体が入っている。ピストンの質量は零であり、ピストンはなめらかに動き、気体のもれはないものとする。またピストンとシリンダーの熱容量は無視できるものとする。図Ⅱに示す状態 A では、シリンダーの底からピストンまでの距離が  $L_0[\text{m}]$ 、圧力が  $P_0[\text{Pa}]$ 、絶対温度が  $T_0[\text{K}]$  であった。次にピストンの位置が  $L_0$  のまま、圧力が  $P_0$  から  $2P_0$  に上昇し状態 B となった。その次に、圧力が  $2P_0$  のまま、ピストンが  $L_0$  から  $3L_0$  まで移動し状態 C となった。さらにピストンの位置が  $3L_0$  のまま、圧力が  $2P_0$  から  $P_0$  に減少して状態 D となった。最後に状態 D から状態 A に戻った。このような過程  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  について以下の問いに答えよ。なお気体定数  $R[\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})]$  により、定積モル比熱  $C_V[\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})]$  は  $\frac{3}{2}R$ 、定圧モル比熱  $C_P[\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})]$  は  $\frac{5}{2}R$  と表される。

- (1) 状態 B, C, D における温度  $T_B[\text{K}]$ ,  $T_C[\text{K}]$ ,  $T_D[\text{K}]$  を  $T_0$  を用いて表せ。
- (2)  $A \rightarrow B$ ,  $B \rightarrow C$ ,  $C \rightarrow D$ ,  $D \rightarrow A$  の各過程で気体に出入りする熱量をそれぞれ  $Q_{AB}[\text{J}]$ ,  $Q_{BC}[\text{J}]$ ,  $Q_{CD}[\text{J}]$ ,  $Q_{DA}[\text{J}]$  とする。それぞれの熱量を  $S$ ,  $L_0$ ,  $P_0$  を用いて表せ。また、解答欄の( )内には、それぞれの過程で気体が熱を吸収する場合は“吸収”と、また放出する場合は“放出”と記入せよ。
- (3)  $A \rightarrow B$ ,  $B \rightarrow C$ ,  $C \rightarrow D$ ,  $D \rightarrow A$  の各過程で気体が外部にした仕事をそれぞれ  $W_{AB}[\text{J}]$ ,  $W_{BC}[\text{J}]$ ,  $W_{CD}[\text{J}]$ ,  $W_{DA}[\text{J}]$  とする。それぞれの仕事を  $S$ ,  $L_0$ ,  $P_0$  を用いて表せ。
- (4)  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  を熱機関とみた場合、熱効率  $e$  を分数で表せ。
- (5) 同じシリンダーと気体を用いた別の過程を考える。状態 A から状態 B までは上の問題と同じであるが、状態 B から温度が  $T_B$  のまま圧力が  $P_0$  に減少して状態 E となり、最後に状態 E から状態 A に戻った。この過程  $A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow A$  において、圧力  $P[\text{Pa}]$  と体積  $V[\text{m}^3]$  の関係を表すグラフの概形を解答用紙に描け。各状態 A, B, E の位置を黒点(●)で明記し、それらの圧力と体積の値を、 $P_0$ ,  $L_0$ ,  $S$  を用いて示すこと。

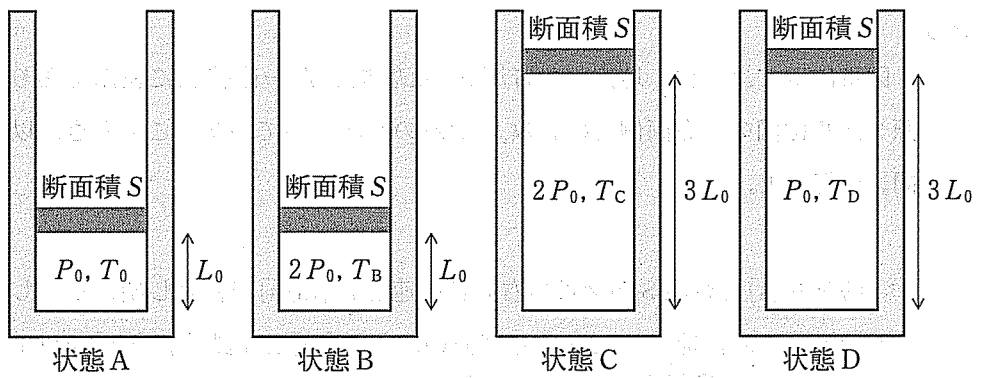


图 II

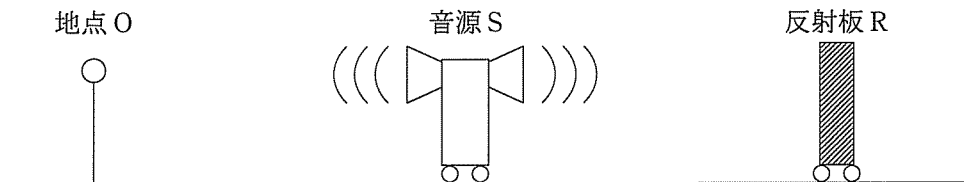
〔Ⅲ〕

図Ⅲに示すように、地点 O、音源 S、反射板 R が一直線上に並んでおり、音源 S からは図の左右両側に振動数  $f_0$  [Hz] の音波が出ている。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 時刻 0 [s] で音源 S が図Ⅲの右向きに速さ  $v_s$  [m/s] で移動し始めたとして、音源 S から直接地点 O に伝わる音波の波長  $\lambda_1$  [m] と振動数  $f_1$  [Hz] を以下のよう求める。□①□ から □⑥□ にあてはまる適切な式を記せ。ただし、音速は  $V$  [m/s] で  $V > v_s$  とする。

時刻 0 [s] で音源 S から出た音波は、 $t$  [s] 間に □①□ [m] の距離を進み、同じ時間で音源 S は反射板 R に向かって □②□ [m] 移動する。音源 S から  $t$  [s] 間に出る □③□ 個の波が、距離 □④□ [m] の間に存在することから、 $\lambda_1$  は □⑤□ [m] で  $f_1$  は □⑥□ [Hz] と表される。

- (2) (1)の条件のもとで、静止している反射板 R で受ける音波の波長  $\lambda_2$  [m] と振動数  $f_2$  [Hz] を、 $f_0$  [Hz] を用いて表せ。
- (3) (1)の条件のもとで、反射板 R が図Ⅲの右向きに速さ  $v_R$  [m/s] で移動するとき、反射板 R で受ける音波の振動数  $f_3$  [Hz] を、 $f_0$  [Hz] を用いて表せ。ただし、 $v_R < V$  とする。
- (4) (3)の条件のもとで、反射板 R で反射された音波が地点 O に届いているとき、地点 O で観測される音波の振動数  $f_4$  [Hz] を、 $f_0$  [Hz] を用いて表せ。また、地点 O で音源 S から直接伝わる音波と反射板 R で反射された音波によってうなりが発生するとき、1 [s] 間のうなりの回数を、 $f_0$  [Hz] を用いて表せ。



図Ⅲ

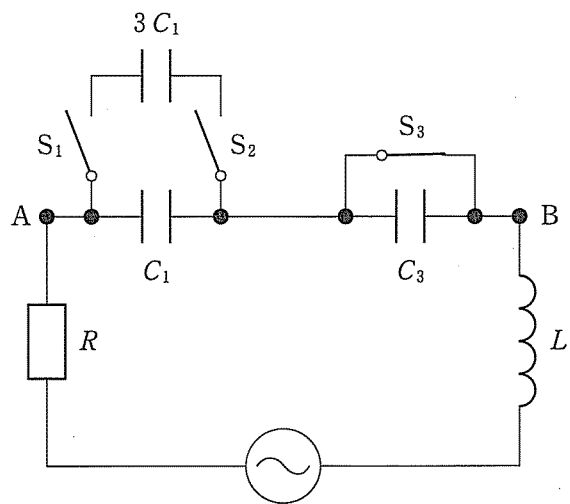


#### 〔IV〕

図IVに示すように、電気容量  $C_1$  [F],  $3C_1$  [F],  $C_3$  [F] のコンデンサ、自己インダクタンス  $L$  [H] のコイル、抵抗値  $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗、スイッチ  $S_1, S_2, S_3$ , および交流電源が接続されている。交流電源の電圧の最大値を一定に保って電源の周波数を変化させ、回路に流れる電流が最大となる周波数が共振周波数である。スイッチ  $S_1, S_2$  をともに開き、スイッチ  $S_3$  を閉じたときの共振周波数  $f_1$  は  $f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}$  [Hz] となる。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、 $\pi$  は円周率である。

- (1) スイッチ  $S_1, S_2$  をともに閉じ、スイッチ  $S_3$  を閉じたときの AB 間の合成容量を  $C_A$  [F] とする。 $C_A$  [F] と  $C_1$  [F] との比  $\frac{C_A}{C_1}$  を求めよ。また、このときの共振周波数を  $f_A$  [Hz] とする。 $f_A$  [Hz] と  $f_1$  [Hz] の比  $\frac{f_A}{f_1}$  を求めよ。
- (2) スイッチ  $S_1, S_2$  をともに開き、スイッチ  $S_3$  を開いたときの AB 間の合成容量を  $C_B$  [F], 共振周波数を  $f_B$  [Hz] とする。 $f_B$  [Hz] が  $f_1$  [Hz] の 3 倍であったとき、 $C_B$  [F] と  $C_1$  [F] との比  $\frac{C_B}{C_1}$  を求めよ。また、電気容量  $C_3$  [F] と  $C_1$  [F] との比  $\frac{C_3}{C_1}$  を求めよ。
- (3) スイッチ  $S_1, S_2$  をともに閉じ、スイッチ  $S_3$  を開いたときの AB 間の合成容量を  $C_C$  [F], 共振周波数を  $f_C$  [Hz] とする。 $C_C$  [F] と  $C_1$  [F] との比  $\frac{C_C}{C_1}$  を求めよ。また、 $f_C$  [Hz] と  $f_1$  [Hz] の比  $\frac{f_C}{f_1}$  を求めよ。





交流電源

圖IV













