

令和 8 年度  
後 期 日 程

# 物 理

工学部・応用生物科学部

## 問 題 冊 子

### 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は 8 ページからなる。解答用紙は 4 枚である。乱丁、落丁、印刷不鮮明などの箇所があった場合には、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は解答用紙の指定箇所に記入すること。
5. 解答用紙は持ち帰らないこと。
6. 問題冊子は持ち帰ること。
7. 大問ごとに、満点に対する配点の比率を表示してある。

# 一問題訂正一

## 「物理」

(後期日程：工学部・応用生物科学部)

問題訂正が2箇所あります。

13時00分開始 物理 (後期日程)

●問題訂正 5ページ 大問3

上から6行目 (冒頭の説明文の5行目)

(誤) . . . ~ 平行に置かれて ~ . . .

(正) . . . ~ 平行で十分に離れて置かれて ~ . . .

●問題訂正 7ページ 大問4

下から2行目 (問5の問題文の1行目)

(誤) . . . ~ 速度  $v$  [m/s] で移動 ~ . . .

(正) . . . ~ 速度  $v$  [m/s] ( $v > 0$ ) で移動 ~ . . .

1 次の文を読み、以下の問いに答えよ。(配点比率： $\frac{1}{4}$ )

図1のように、水平面上に斜面と円がなめらかに接続されたレールが固定されている。水平面から高さ  $h$  (m) の位置にある点 A から質量  $m$  (kg) の小球を静かにはなし、レールに沿ってすべらせた。このとき、小球は点 O を中心とする半径  $r$  (m) の円形レールに沿って一回転した後に点 D から飛び出し、点 E に落下した。点 B は点 O から水平面に下ろした垂線との交点であり、点 C は  $\angle COB = \alpha$  ( $^\circ$ ) ( $0 \leq \alpha < 360$ ) となる小球の位置を示す。点 D はレールの終点であり、水平面から高さ  $H$  (m) の位置にある。小球が点 D を飛び出すときの角度を  $\beta$  ( $^\circ$ )、重力加速度の大きさを  $g$  ( $\text{m/s}^2$ ) とする。なお、小球の大きさや空気抵抗、小球とレールの間の摩擦は無視できるものとする。

問 1 小球が点 C を通るときの速さ  $v_C$  (m/s) を求めよ。

問 2 小球が円形レールを一回転するときの速さ  $v_C$  と  $\alpha$  の関係を示すグラフとして、最も適切なものを、図 2 に示す(ア)~(カ)のうちから選べ。また、 $\alpha = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  のときの  $v_C$  を求めよ。

問 3 小球が円形レールを一回転するための  $r$  と  $h$  の間の満たすべき条件式を求めよ。

問 4 点 D における小球の速さ  $v_D$  (m/s) を求めよ。

問 5 点 D を飛び出した小球が点 E に落下するまでの時間は  $t_E$  (s) であった。 $\sin \beta = b$  として、 $t_E$  を、 $H, b, v_D, m, g$  のうち必要なものを用いて表せ。

問 6 問 5 のとき、点 D から点 E の水平距離は  $L$  (m) であった。 $L$  を、 $t_E, b, v_D$  を用いて表せ。

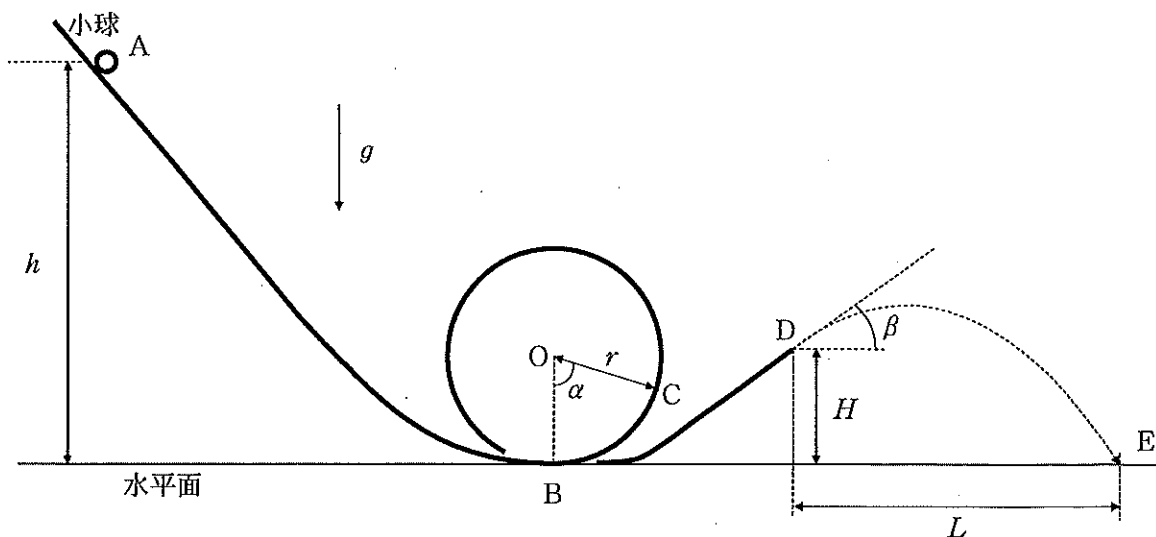


图 1

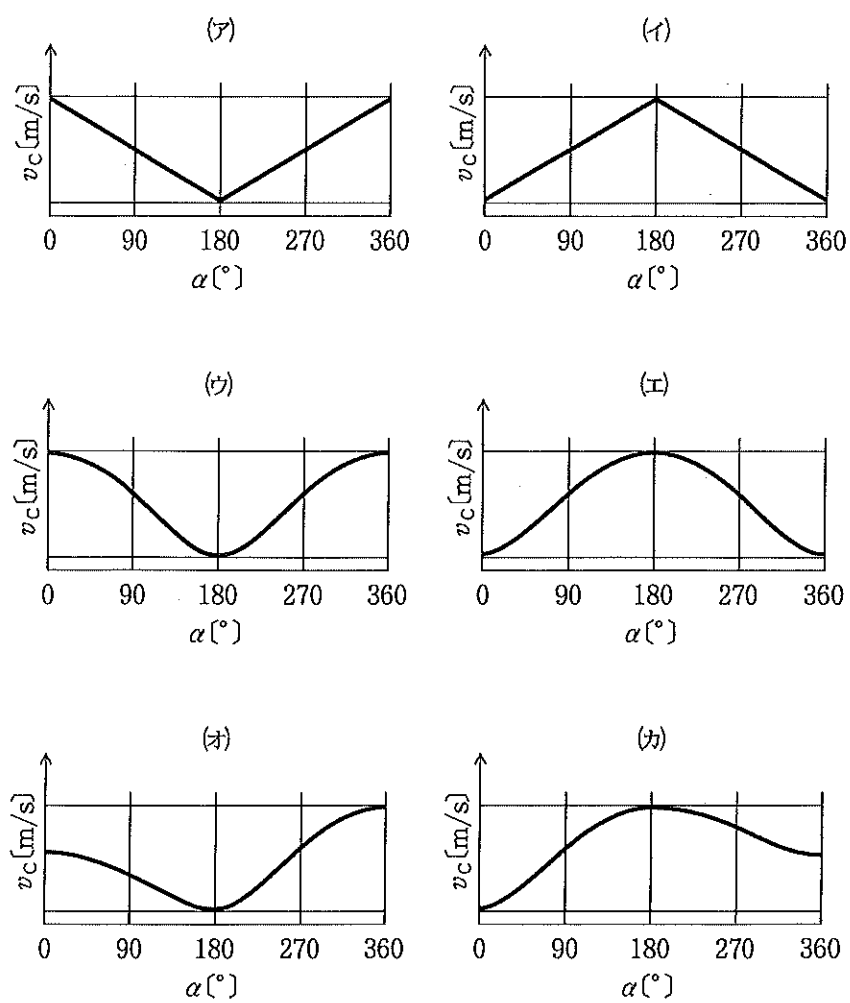


图 2

2 次の文を読み、以下の問いに答えよ。(配点比率： $\frac{1}{4}$ )

図のように、圧力  $P_0$  [Pa]、温度  $T_0$  [K] の大気中に、水平面上に断面積  $S$  [m<sup>2</sup>] のシリンダーが置かれている。シリンダー内部には、なめらかに動く質量  $m$  [kg] の断熱材料で作られたピストンがシリンダー底部とばねにより接続されている。このばねの自然の長さは  $l$  [m]、ばね定数は  $k$  [N/m] である。また、シリンダー内部にはヒーターが設置され、理想気体を均一に加熱できる。このシリンダーには、断面積  $S$  と高さ  $\frac{1}{3}l$  の容器が、開閉可能なコックのついた細管を介して接続されている。このコックと細管は断熱材料で作られている。なお、ヒーター、ばね、コック、細管の体積や熱容量は無視できるものとし、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>]、気体定数を  $R$  [J/(mol·K)] とする。

最初、シリンダーと容器を断熱材で囲い、ヒーターを停止し、コックを閉じたまま、シリンダー内に 1 mol の単原子分子理想気体を封入した。一方、容器内は真空である。このとき、ばねの長さが  $l$  となって、ピストンは静止した。この状態を【状態Ⅰ】とし、シリンダー内の理想気体の圧力を  $P_A$  [Pa]、温度を  $T_A$  [K] とする。

問 1  $P_A$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $S$ 、 $P_0$  を用いて表せ。

問 2  $T_A$  を、 $R$ 、 $l$ 、 $S$ 、 $P_A$  を用いて表せ。

次に、シリンダーと容器の断熱材をはずし、ヒーターを停止したまま、コックを開いた。シリンダーと容器の壁面は十分よく熱を伝えるものとする。十分な時間が経過したとき、ばねの長さが  $\frac{2}{3}l$  となって、ピストンは静止した。この状態を【状態Ⅱ】とし、シリンダーと容器内の理想気体の圧力を  $P_B$  [Pa] とする。

問 3  $P_B$  を、 $k$ 、 $l$ 、 $S$ 、 $P_A$  を用いて表せ。

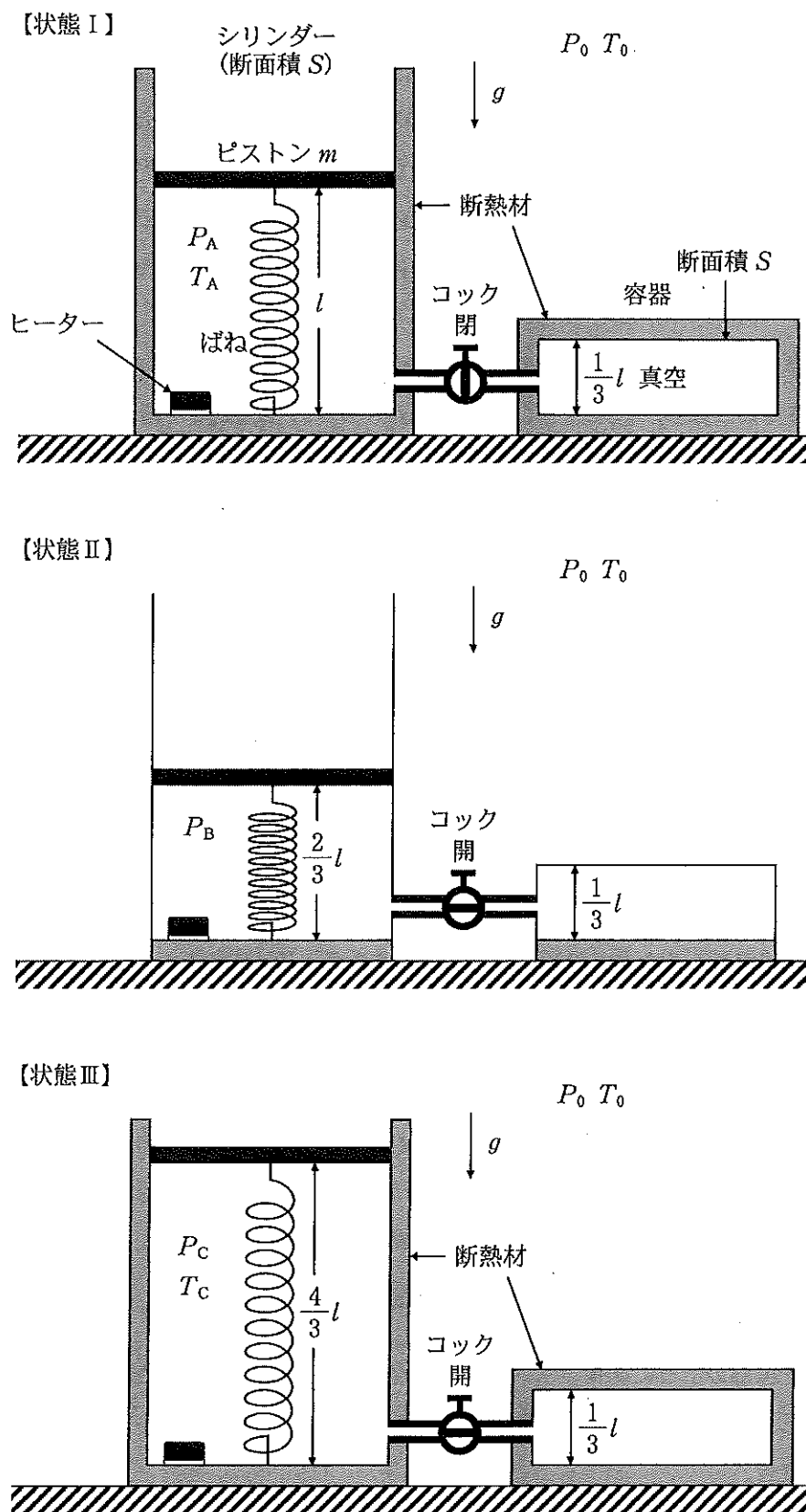
その後、再びシリンダーと容器を断熱材で囲い、コックを開いたまま、ヒーターを作動させた。ゆっくりと理想気体を加熱し、熱量  $Q$  [J] を加えた後にヒーターを停止させた。このとき、ばねの長さが  $\frac{4}{3}l$  となって、ピストンは静止した。この状態を【状態Ⅲ】とし、シリンダーと容器内の理想気体の圧力を  $P_C$  [Pa]、温度を  $T_C$  [K] とする。

問 4  $P_C$  を、 $P_A$ 、 $P_B$  を用いて表せ。また、 $T_C$  を、 $T_0$ 、 $T_A$  を用いて表せ。

問 5 【状態Ⅱ】から【状態Ⅲ】までの過程で理想気体が行った仕事  $W$  [J] を、 $R$ 、 $T_A$  を用いて表せ。

問 6  $Q$  を、 $R$ 、 $T_0$ 、 $T_A$  を用いて表せ。

問 7  $T_0 = 300 \text{ K}$ ,  $T_A = 330 \text{ K}$  のとき,  $Q$  に対する  $W$  の比  $\frac{W}{Q}$  を求めよ。



図

3 次の文を読み、以下の問いに答えよ。(配点比率： $\frac{1}{4}$ )

図1のように、平行におかれた極板  $P_1$ ,  $P_2$  が  $x$  軸に垂直に置かれている。極板  $P_1$  は  $x < 0$  の位置に置かれ、 $y = 0$  の位置に荷電粒子が通過できる微小な穴  $T_1$  があけられている。極板  $P_2$  は  $x = 0$  の位置に置かれ、 $y = 0$  の位置に同様に微小な穴  $T_2$  があけられている。 $P_1$ ,  $P_2$  の極板間に電圧  $V$  [V] を加え、 $x$  軸の正の向きに一樣な電場(電界)を生じさせている。また、 $x > 0$  の領域には、 $x$  軸方向の長さが  $L_R$  [m] である極板  $P_3$ ,  $P_4$  が  $x$  軸をはさんで等距離かつ平行に置かれている。 $P_3$ ,  $P_4$  の極板間の領域  $R$  には、 $y$  軸の正の向きに、強さ  $E$  [V/m] の一樣な電場が生じている。

ここで、質量  $m$  [kg] で電気量  $q$  [C] ( $q > 0$ ) の荷電粒子を  $x$  軸の正の向きに速さ  $v_1$  [m/s] で穴  $T_1$  に入射させたところ、荷電粒子は速さ  $v_2$  [m/s] で穴  $T_2$  を通過した後に領域  $R$  に入射した。その後、荷電粒子は極板  $P_3$ ,  $P_4$  のいずれにも接触することなく、 $y = y_{R1}$  [m] の位置において領域  $R$  の右端から領域  $R$  を出た。なお、全ての極板は端部において電場の乱れがなく、電場は  $P_1$ ,  $P_2$  の極板間と領域  $R$  のみに限られるものとする。また、極板  $P_1$ ,  $P_2$  と極板  $P_3$ ,  $P_4$  は十分に離れており、極板  $P_1$ ,  $P_2$  間の電場と領域  $R$  の電場は互いへの影響を無視できるものとする。地磁気、重力、空気の影響は無視できるとともに、荷電粒子の運動による電場の変化は無視できるものとする。

問 1  $v_2$  を、 $V$ ,  $m$ ,  $q$ ,  $v_1$  のうち必要なものを用いて表せ。

問 2  $y_{R1}$  を、 $m$ ,  $q$ ,  $v_2$ ,  $L_R$ ,  $E$  のうち必要なものを用いて表せ。

問 3 領域  $R$  から出た荷電粒子がもつ運動エネルギー  $W_1$  [J] と速さ  $v_{R1}$  [m/s] を、 $m$ ,  $q$ ,  $v_2$ ,  $y_{R1}$ ,  $E$  のうち必要なものを用いて表せ。

次に、領域  $R$  から図1の電場を取り除き、図2に示すように領域  $R$  において鉛直上向き(紙面に対して垂直で裏から表に向かう向き)に磁束密度の大きさ  $B$  [T] の一樣な磁場(磁界)を生じさせた。ここで、荷電粒子を穴  $T_1$  に入射させたところ、荷電粒子は速さ  $v_2$  で穴  $T_2$  を通過した後、領域  $R$  に入射した。領域  $R$  に入射してから時間  $t$  [s] が経過した後に、荷電粒子は極板  $P_3$ ,  $P_4$  のいずれにも接触することなく、領域  $R$  の右端から領域  $R$  を出た。

問 4 下線部のように荷電粒子が領域  $R$  の右端から領域  $R$  を出るためには、条件「 $L_R$  がある長さ  $L_0$  [m] より小さい」を満たす必要がある。 $L_0$  を、 $m$ ,  $q$ ,  $v_2$ ,  $B$  のうち必要なものを用いて表せ。

問 5 荷電粒子が領域  $R$  を出たときの角度は  $\theta$  [rad] であった。このとき、 $t$  を、 $\theta$ ,  $v_2$ ,  $L_0$  を用いて表せ。

続けて、領域 R に図 2 の磁場とともに、図 3 に示すように  $y$  軸の正の向きに、強さ  $E$  の一様な電場を生じさせた。ここで、荷電粒子を穴  $T_1$  に入射させたところ、荷電粒子は速さ  $v_2$  で穴  $T_2$  を通過した後、領域 R に入射した。その後、荷電粒子は  $y = 0$  の位置を保持し、領域 R の右端から速さ  $v_{R3}$  [m/s] で領域 R を出た。

問 6  $v_{R3}$  と  $B$  を、 $m$ ,  $q$ ,  $v_2$ ,  $L_R$ ,  $E$  のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。

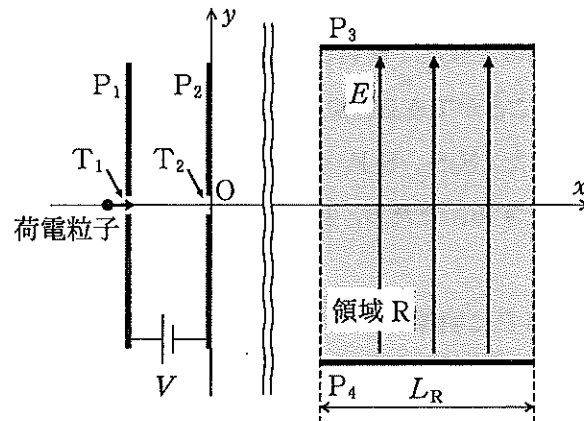


図 1

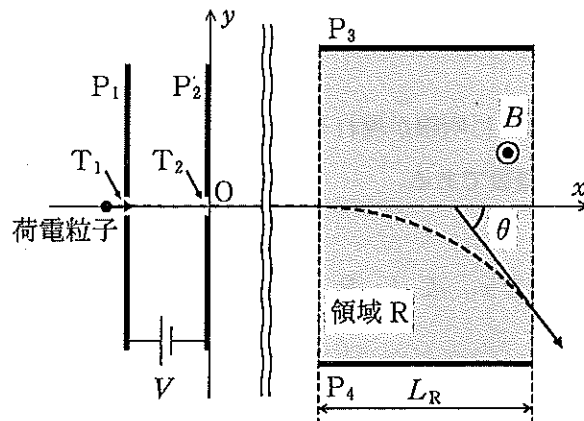


図 2

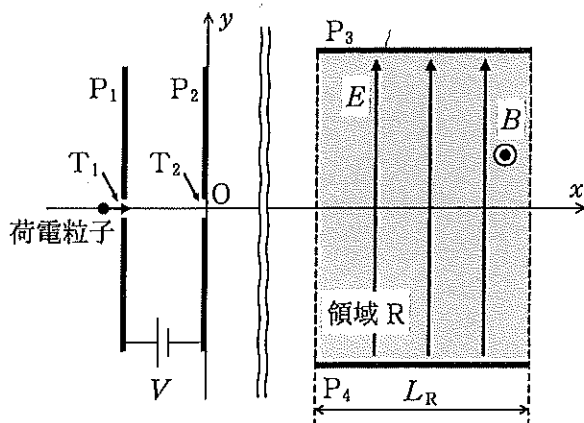


図 3

4 次の文を読み、以下の問いに答えよ。(配点比率： $\frac{1}{4}$ )

図のように、真空中に平板 A、平板 B、スクリーンが平行にそれぞれ距離  $L$ (m)、 $R$ (m)の間隔で置かれている。平板 A にはスリット  $S_0$  が、平板 B には二つのスリット  $S_1$ 、 $S_2$  がある。平板 A の左側に波長  $\lambda$ (m) の光源がある。光源から出た光はスリット  $S_0$ 、 $S_1$ 、 $S_2$  を通りスクリーン上に干渉縞をつくる。光源から平板 A、スクリーンに垂線をおろし、それぞれに交わる点を  $O$ 、 $O'$  とする。この垂線は平板 B のスリット  $S_1$ 、 $S_2$  の中点を通る。 $x$  軸を  $OO'$  に垂直方向にとり、上向きを正とする。また図のように、点  $O$  からの位置  $x_1$ (m) ( $x_1 \geq 0$ ) にスリット  $S_0$  があり、 $S_0$  は  $x$  軸に平行な方向に動くことができる。点  $P$  はスクリーン上にあり、点  $O'$  から  $x_2$ (m) ( $x_2 \geq 0$ ) に位置するものとする。また、 $S_0S_1$ 、 $S_1P$ 、 $S_0S_2$ 、 $S_2P$ 、 $S_1S_2$  のそれぞれの距離を  $l_1$ (m)、 $r_1$ (m)、 $l_2$ (m)、 $r_2$ (m)、 $2d$ (m) とする。ただし、 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $d$  は  $L$ 、 $R$  と比べて非常に小さいものとする。

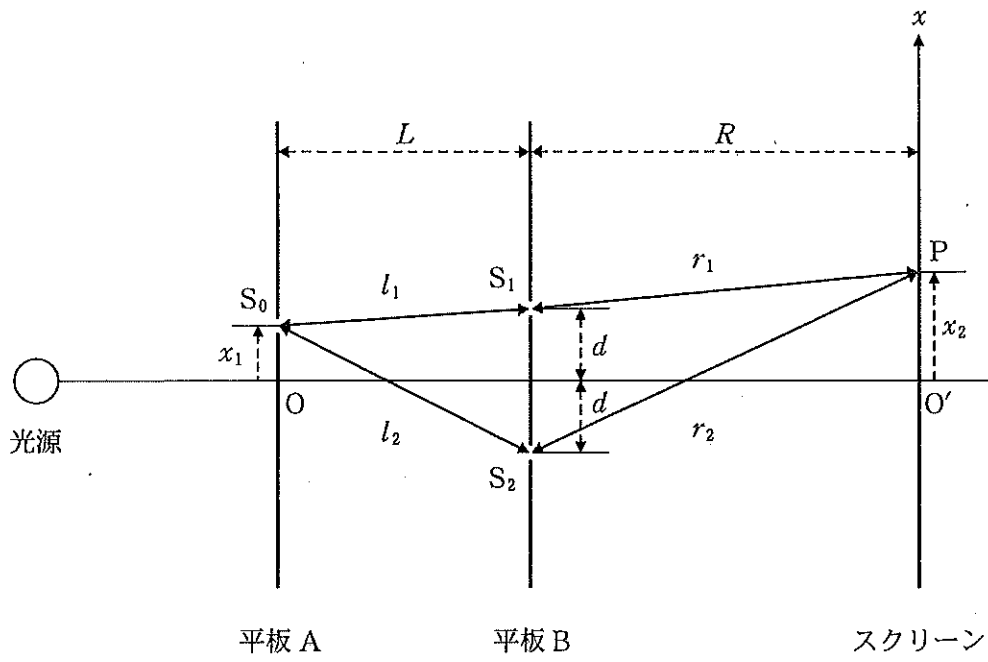
問 1  $x_1 = 0$  のとき、点  $P$  に明線が現れる条件を  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $\lambda$  と整数  $m$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ ) を用いて表せ。

問 2 問 1 において、 $x_2$  を  $d$ 、 $R$ 、 $\lambda$ 、 $m$  を用いて表せ。ただし、 $|h|$  が 1 より十分小さい ( $|h| \ll 1$ ) ときに成り立つ近似式  $\sqrt{1+h} \approx 1 + \frac{1}{2}h$  を用いて答えよ。

問 3  $x_1 > 0$  のとき、点  $P$  に明線が現れる条件を、 $l_1$ 、 $r_1$ 、 $l_2$ 、 $r_2$ 、 $\lambda$  と  $m_0$  を用いて表せ。ただし、 $m_0$  はある正の整数である。

問 4 問 3 において、 $x_2$  を  $x_1$ 、 $d$ 、 $L$ 、 $R$ 、 $\lambda$ 、 $m_0$  を用いて表せ。ただし、問 2 の近似式を用いよ。

問 5 スリット  $S_0$  を上方に速度  $v$ (m/s) で移動させるとき、スクリーン上の明線が動く速度  $v_1$ (m/s) を求め、 $x$  軸上を動く向き(正・負)を答えよ。



図