

# 物 理 I

(全 問 必 答)

第1問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

[解答番号  ～  ] (配点 30)

図1のように、水平面と角  $\theta$  ( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ) をなす十分に長いなめらかな斜面上に、水平な上面 A, B をもつ質量  $M$  の三角台 P を置く。さらに P の上面 A, B 上に、質量  $m$  の大きさの無視できる物体 Q を置く。はじめ P と Q を静止させておき、静かにはなすと、P と Q は動き出した。このとき、P は斜面から離れることはなく、Q は P の上面 A, B から離れることはない。なお、重力加速度の大きさを  $g$  とする。

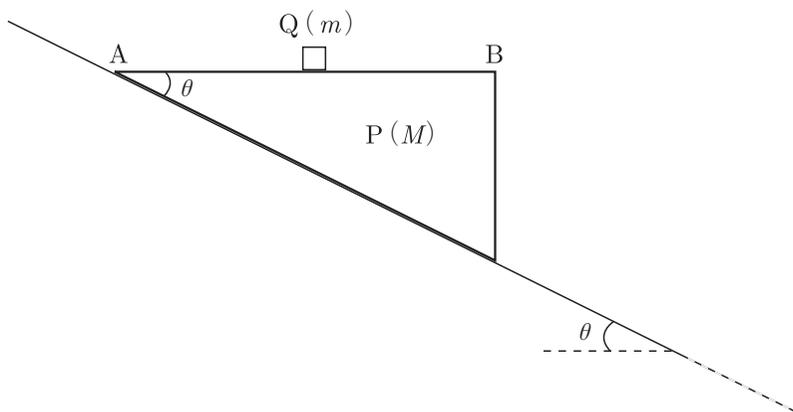


図 1

問1 Pの上面 A, B がなめらかな場合を考える。動きはじめてから, Q が鉛直下方に距離  $y$  だけ移動したとき(このとき, Q は P の上面の左端 A には達していない), P は斜面上どれだけの距離を移動したか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。 1

- ①  $y$                       ②  $\frac{y}{\sin \theta}$                       ③  $\frac{y}{\cos \theta}$                       ④  $\frac{y}{\tan \theta}$

問2 問1のとき, Q の速さが  $v$  だとすると, P の速さはいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。 2  $\times v$

- ①  $\frac{1}{\tan \theta}$                       ②  $\frac{1}{\cos \theta}$                       ③  $\frac{1}{\sin \theta}$                       ④ 1

問3 問2の  $v$  はいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。  
 $v =$  3

- ①  $\sqrt{\frac{2(M+m)gy \cos^2 \theta}{M - m \cos^2 \theta}}$                       ②  $\sqrt{\frac{2(M+m)gy \cos^2 \theta}{M + m \cos^2 \theta}}$   
③  $\sqrt{\frac{2(M+m)gy \sin^2 \theta}{M - m \sin^2 \theta}}$                       ④  $\sqrt{\frac{2(M+m)gy \sin^2 \theta}{M + m \sin^2 \theta}}$

問4 Pの上面 A, B と Q との間に摩擦があり(静止摩擦係数は  $\mu_0$ ), P と Q が一体となって斜面上をすべる場合を考える。P と Q の加速度の水平右向き成分はいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。 4

- ①  $g \sin \theta \cos \theta$                       ②  $g \cos^2 \theta$                       ③  $g \sin^2 \theta$                       ④  $g$

問5 問4において, P と Q の加速度の鉛直下向き成分はいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。 5

- ①  $g \sin \theta \cos \theta$                       ②  $g \cos^2 \theta$                       ③  $g \sin^2 \theta$                       ④  $g$

物理 I

問 6 問 4 において, P と Q が一体となって斜面上をすべる条件はどれか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。 6

①  $\mu_0 \leq \cos\theta$

②  $\mu_0 \geq \cos\theta$

③  $\mu_0 \leq \tan\theta$

④  $\mu_0 \geq \tan\theta$

物理 I

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号  ～  ] (配点 20)

図1のように、支点 A で摩擦なく回転できる長さ  $\ell$  の細い棒が、左端 B で上方から、ばね定数  $k$  のばねで支えられており、さらに左端 B には質量  $M$  の物体 P が、細い糸でつり下げられている。また、棒には質量  $m$  の分銅が細い糸でつるさされており、左右に動かせるようになっている。なお、空気の密度、ばね、糸および棒の質量は無視できるものとし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。さらに、棒はたわまないものとし、ばねは常に鉛直な状態をたもつものとする。

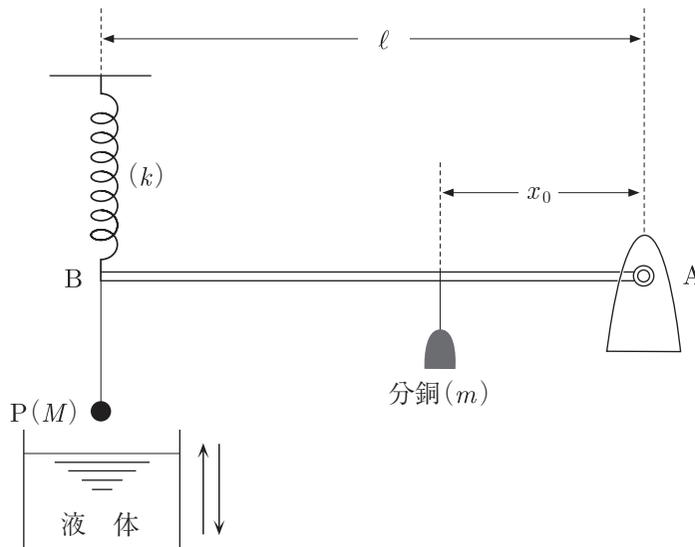


図 1

問1 棒を水平に保つためには、分銅を支点 A から  $x_0$  の位置につるせばよい。このとき、ばねの自然長からの伸びはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。  $\boxed{1}$

- ①  $\frac{(Mx_0 - m\ell)g}{k\ell}$                       ②  $\frac{(Mx_0 + m\ell)g}{k\ell}$   
 ③  $\frac{(M\ell - mx_0)g}{k\ell}$                       ④  $\frac{(M\ell + mx_0)g}{k\ell}$

問2 このまま物体 P を密度  $\rho_0$  の液体に完全に浸したところ、点 B は  $\Delta y$  だけ上方へ移動した。物体 P の体積  $V$  はいくらか。ただし、 $\Delta y$  は  $\ell$  に比べて十分に小さく、棒の水平からの傾きの影響は無視しうるものとせよ。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。  $V = \boxed{2}$

- ①  $\frac{k\Delta y}{\rho_0 g}$                       ②  $\frac{kg}{\rho_0 \Delta y}$                       ③  $\frac{\rho_0 \Delta y}{kg}$                       ④  $\frac{\rho_0 g}{k\Delta y}$

問3 問2 の状態で、棒の上の分銅を少し左へ移動させて  $x_0$  を  $x_1$  にすると、棒はふたたび水平になった。  $x_1$  を  $x_0$ 、 $\rho_0$ 、 $\ell$ 、 $m$  および  $V$  で表すとどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。  $x_1 = \boxed{3}$

- ①  $x_0 + \frac{Vm\rho_0}{\ell}$                       ②  $x_0 + \frac{Vm\ell}{\rho_0}$   
 ③  $x_0 + \frac{V\rho_0\ell}{m}$                       ④  $x_0 + \frac{m\rho_0\ell}{V}$

問4 次に、密度  $\rho$  の液体に物体 P を完全に浸し、分銅を移動させて  $x_0$  を  $x$  にすると、棒は水平になった。  $\rho$  を  $x_0$ 、 $x_1$ 、 $x$  および  $\rho_0$  で表すとどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。  $\rho = \boxed{4} \times \rho_0$

- ①  $\frac{x_1 - x_0}{x - x_0}$                       ②  $\frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$                       ③  $\frac{x_1 + x_0}{x + x_0}$                       ④  $\frac{x + x_0}{x_1 + x_0}$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 6] (配点 30)

図1のように、空気中に十分に厚い壁でしきられた領域 I と II がある。壁にそった  $x$  軸(右向き正)に対称に、同じ特性の二つの音源  $S_1$ ,  $S_2$  と二つのマイクロフォン  $M_1$ ,  $M_2$  が、すべて  $x$  軸から等距離にある。 $S_1$ ,  $S_2$  から振動数  $f_0$  の同位相の音波を発することができ、それらをそれぞれ  $M_1$ ,  $M_2$  で受けとり、端子 P でそれらの波形が合成される。領域 I の温度は一様に  $T_1$  で、空気中の音速はつねに  $c_1$  である。領域 II の温度も一様であるが、その値は変化させることができる。音波の壁による反射や透過、空気中での音波の減衰は無視できるものとする。なお、 $M_1$ ,  $M_2$  はつねに静止している。

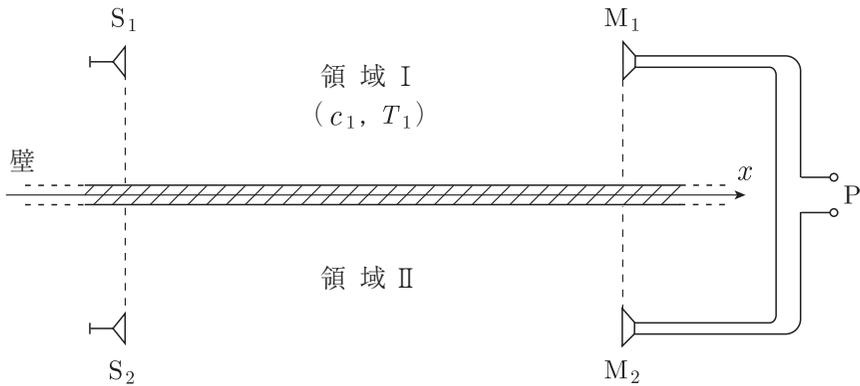


図 1

問1 領域Ⅱの温度を  $T_1$  より高くし、その音速を  $c_2$  ( $c_2 > c_1$ ) にした。そのうち  $S_1$ ,  $S_2$  を、 $x$  軸の負の向きに一定の速さ  $v$  ( $v < c_1 < c_2$ ) で  $M_1$ ,  $M_2$  から遠ざけた。 $S_1$  と  $M_1$  および  $S_2$  と  $M_2$  の距離が  $\ell$  になった瞬間から、時間  $t_1$  の間だけ、 $S_1$ ,  $S_2$  から音波を発した。その結果端子 P には、時間  $t_2$  の間だけ、うなりがあらわれた。このとき、 $M_1$  で観測される  $S_1$  からの音波の振動数はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- ①  $\frac{c_1 - v}{c_1} f_0$       ②  $\frac{c_1 + v}{c_1} f_0$       ③  $\frac{c_1}{c_1 - v} f_0$       ④  $\frac{c_1}{c_1 + v} f_0$

問2 問1において、うなりの単位時間あたりの回数はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ①  $\frac{(c_2 - c_1)v}{(c_1 - v)(c_2 - v)} f_0$       ②  $\frac{(c_2 + c_1)v}{(c_1 - v)(c_2 - v)} f_0$   
 ③  $\frac{(c_2 - c_1)v}{(c_1 + v)(c_2 + v)} f_0$       ④  $\frac{(c_2 + c_1)v}{(c_1 + v)(c_2 + v)} f_0$

問3 問1において、 $t_2$  はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

$$t_2 = \text{③} \times t_1 - \frac{c_2 - c_1}{c_2 c_1} \ell$$

- ①  $1 + \frac{v}{c_2}$       ②  $1 - \frac{v}{c_2}$       ③  $1 + \frac{v}{c_1}$       ④  $1 - \frac{v}{c_1}$

問4  $S_1$  と  $M_1$  および  $S_2$  と  $M_2$  の距離をともに  $\ell$  にして、 $S_1$ ,  $S_2$  を固定する。そして、 $S_1$ ,  $S_2$  から連続的に音波を発する。はじめ、領域Ⅱの温度を  $T_1$  (音速は  $c_1$ ) にすると、端子 P での合成波の振幅は極大値をとっていた。このとき、1 波長分を波 1 個とみなすと、 $S_1$ ,  $M_1$  間(あるいは  $S_2$ ,  $M_2$  間)の波の数はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ①  $\frac{\ell}{f_0 c_1}$       ②  $\frac{c_1}{f_0 \ell}$       ③  $\frac{c_1 \ell}{f_0}$       ④  $\frac{f_0 \ell}{c_1}$

物理 I

問5 問4の状態から、領域Ⅱの温度をゆっくりと上昇させると、端子Pでの合成波の振幅は次に極小となった。このときの領域Ⅱ内の音速はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ①  $\frac{2f_0 \ell c_1}{2f_0 \ell - c_1}$       ②  $\frac{2f_0 \ell c_1}{2f_0 \ell + c_1}$       ③  $\frac{f_0 \ell c_1}{f_0 \ell - c_1}$       ④  $\frac{f_0 \ell c_1}{f_0 \ell + c_1}$

問6 問5の状態から、さらに領域Ⅱの温度をゆっくりと上昇させると、端子Pでの合成波の振幅は次に極大となった。このときの領域Ⅱ内の音速はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6

- ①  $\frac{2f_0 \ell c_1}{2f_0 \ell - c_1}$       ②  $\frac{2f_0 \ell c_1}{2f_0 \ell + c_1}$       ③  $\frac{f_0 \ell c_1}{f_0 \ell - c_1}$       ④  $\frac{f_0 \ell c_1}{f_0 \ell + c_1}$

**第4問** 次の文章を読み、各問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号  ～  ] (配点 20)

図1のように、 $R[\Omega]$ と $2R[\Omega]$ の電気抵抗それぞれ2個と、起電力 $E[V]$ の直流電源と、切り換えスイッチ $S$ とを接続した回路がある。4個の電気抵抗以外の回路の抵抗は、すべて無視できるものとする。

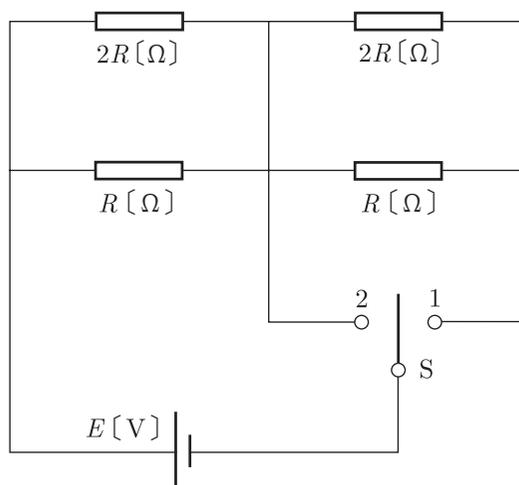


図 1

問1 切り換えスイッチ S を端子 1 に入れたとき，直流電源を流れる電流の大きさはいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 1 [A]

- ①  $\frac{E}{R}$                       ②  $\frac{3E}{4R}$                       ③  $\frac{E}{2R}$                       ④  $\frac{E}{4R}$

問2 問1 のとき，直流電源が回路に供給する電力はいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 2 [W]

- ①  $\frac{E^2}{4R}$                       ②  $\frac{E^2}{2R}$                       ③  $\frac{3E^2}{4R}$                       ④  $\frac{E^2}{R}$

問3 切り換えスイッチ S を端子 2 に入れたとき，直流電源を流れる電流の大きさはいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 3 [A]

- ①  $\frac{3E}{2R}$                       ②  $\frac{2E}{R}$                       ③  $\frac{5E}{2R}$                       ④  $\frac{3E}{R}$

問4 問3 のとき， $2R$  [Ω] の電気抵抗 2 個で消費される電力の和はいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 4 [W]

- ①  $\frac{2E^2}{R}$                       ②  $\frac{3E^2}{2R}$                       ③  $\frac{E^2}{R}$                       ④  $\frac{E^2}{2R}$