

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 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) 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。

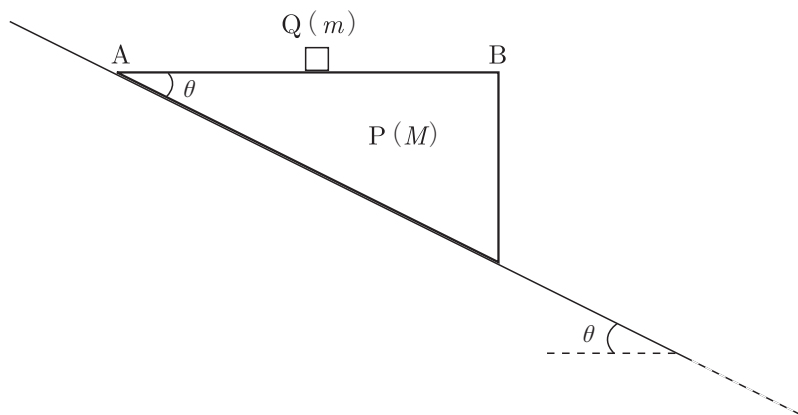


図 1

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 μ_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 $\mu_0 \geq \tan\theta$

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号 1 ~ 4] (配点 20)

図1のように、支点 A で摩擦なく回転できる長さ ℓ 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。

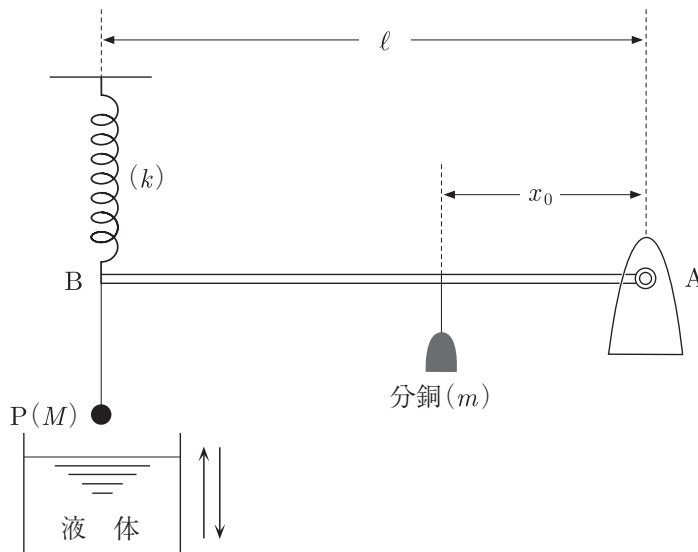


図 1

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。 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 ρ_0 の液体に完全に浸したところ、点 B は Δy だけ上方へ移動した。物体 P の体積 V はいくらか。ただし、 Δy は ℓ 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。 $V =$ 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 、 ρ_0 、 ℓ 、 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。 $x_1 =$ 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 ρ 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。 ρ を x_0 、 x_1 、 x および ρ_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。 $\rho =$ 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 ～] (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。

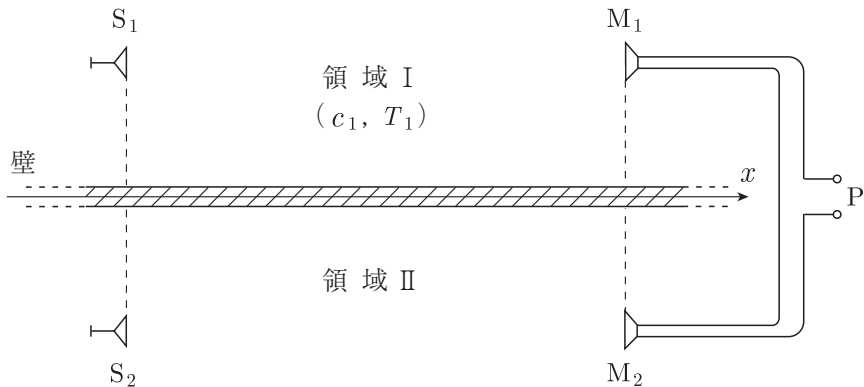


図 1

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 ℓ 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 ℓ 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 $\frac{f_0 \ell c_1}{f_0 \ell + c_1}$

物理 I

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。

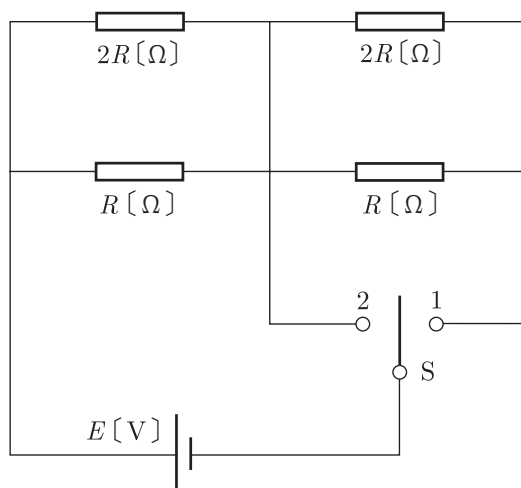


図 1

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 $\frac{E^2}{2R}$