

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、質量 M 、長さ 2ℓ の一様な細い棒 AB の一端 A を、鉛直な粗い壁に於て、 AB の中点 C に糸をつけて、壁の1点 D に固定する。さらに、棒の他端 B に重さの無視できる糸をつけ、質量 m のおもりをつるす。 $\angle ACD = 90^\circ$ 、 $\angle CAD = \theta$ で、棒は静止している。糸 CD の張力の大きさを T 、棒が壁から受ける垂直抗力の大きさを N 、棒が壁から受ける摩擦力を上向きを正として F とする。また、重力加速度の大きさを g とする。

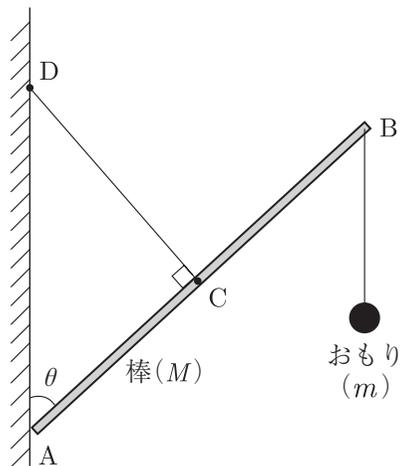


図 1

問1 棒 AB の水平方向の力のつりあいの式として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

① $N + T \sin \theta = 0$

② $N + T \cos \theta = 0$

③ $N - T \sin \theta = 0$

④ $N - T \cos \theta = 0$

問2 A 点のまわりの力のモーメントのつりあいの式として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

① $T\ell - Mg \cdot \ell \sin \theta - mg \cdot 2\ell \sin \theta = 0$

② $T\ell - Mg \cdot \ell \cos \theta - mg \cdot 2\ell \cos \theta = 0$

③ $T\ell + Mg \cdot \ell \sin \theta - mg \cdot 2\ell \sin \theta = 0$

④ $T\ell - Mg \cdot \ell \cos \theta + mg \cdot 2\ell \cos \theta = 0$

問3 糸 CD の張力の大きさ T を M , m , g , θ 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。 3

① $(M + m)g \sin \theta$

② $(M + 2m)g \sin \theta$

③ $(M + m)g \cos \theta$

④ $(M + 2m)g \cos \theta$

問4 棒が壁から受ける摩擦力 F を M , m , g , $\cos \theta$ 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。 4

① $(M + 2m)g \cos^2 \theta - mg$

② $(M + 2m)g \cos^2 \theta - Mg$

③ $(M + m)g \cos^2 \theta - Mg$

④ $(M + m)g \cos^2 \theta - mg$

物理 I

問5 壁と棒の間の静止摩擦係数を μ とするとき、 M 、 m 、 θ 、 μ が満たすべき関係式(不等式)はどれか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① $0 \leq \frac{(M+2m)\cos^2\theta - m}{(M+2m)\sin\theta\cos\theta} \leq \mu$ ② $0 \leq \frac{(M+2m)\sin^2\theta - m}{(M+2m)\sin\theta\cos\theta} \leq \mu$
- ③ $-\mu \leq \frac{(M+2m)\cos^2\theta - m}{(M+2m)\sin\theta\cos\theta} \leq \mu$ ④ $-\mu \leq \frac{(M+2m)\sin^2\theta - m}{(M+2m)\sin\theta\cos\theta} \leq \mu$

問6 壁がなめらかであったとする。棒は静止しているとして、 $\cos\theta$ を M 、 m 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。 6

- ① $\sqrt{\frac{M}{M+2m}}$ ② $\sqrt{\frac{m}{M+2m}}$ ③ $\sqrt{\frac{M}{M+m}}$ ④ $\sqrt{\frac{m}{M+m}}$

第2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のようになめらかな斜面上で速度ゼロの状態から滑り始めた物体 A (質量 m) が、高さにして h だけ下がったところで水平な台 B (質量 M) に乗り移った。斜面と台 B の間に段差はない。また、台 B は水平の地面の上を滑ることができる。重力加速度の大きさを g 、地面と台 B の間の静止摩擦係数を μ_1 、物体 A と台 B の間の動摩擦係数を μ_2 とし、空気抵抗は無視する。また、 $M > m$ とする。

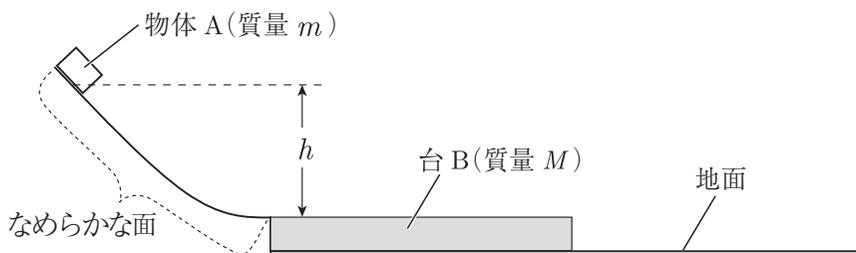


図 1

問1 物体 A が台 B に乗り移る直前の速さはいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 1

- ① $2\sqrt{gh}$ ② $\sqrt{2gh}$ ③ $2\sqrt{mgh}$ ④ $\sqrt{2mgh}$ ⑤ $2mgh$

問2 物体 A が台 B に乗り移った直後に台 B が受けている重力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 2

- ① Mg ② $(M-m)g$ ③ $(M+m)g$ ④ mg ⑤ mgh

問3 問2 のとき、台 B が地面から受けている垂直抗力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 3

- ① Mg ② $(M-m)g$ ③ $(M+m)g$ ④ mg ⑤ mgh

問4 物体 A が台 B に乗り移った後、台 B が地面に対して滑り始めるために満たされるべき条件として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① $\mu_1 < \frac{m\mu'_2}{M}$ ② $\mu_1 < \frac{m\mu'_2}{M-m}$ ③ $\mu_1 < \frac{m\mu'_2}{M+m}$ ④ $\mu_1 < \mu'_2$

物理 I

以下では、地面と台 B の間の接触がなめらか(よって $\mu_1 = 0$) であるとする。また、図 1 の水平方向右向きを正とする。物体 A が台 B に乗り移ると同時に台 B は地面に対して正の向きへ滑り始めた。この瞬間の時刻を 0 とする。その後、物体 A の地面に対する速さは一定の割合で減少していき、逆に台 B の地面に対する速さは一定の割合で増加していった。最終的に、時刻 t_1 において両者の(地面に対する)速度が等しくなった。

問 5 $0 < t < t_1$ を満たす時刻 t における、台 B の地面に対する加速度はいくらか。

正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 5

- ① $\frac{\mu'_2 mg}{M}$ ② $\frac{\mu'_2 mg}{M + m}$ ③ $\frac{\mu'_2 mg}{M - m}$ ④ $\mu'_2 g$ ⑤ g

問 6 $0 < t < t_1$ を満たす時刻 t における、物体 A の地面に対する速度はいくらか。

正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 6

- ① $\mu'_2 gt$ ② $-\mu'_2 gt$ ③ $\sqrt{2gh} + \mu'_2 gt$
④ $\sqrt{2gh} - \mu'_2 gt$ ⑤ $-gt$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

室温を一定に保った部屋で、図1のように細い管にピストンをはめて閉管とし、管口に置いた音源から振動数 f [Hz] の音を出すと、閉管の長さが ℓ [m] のとき共鳴した。このときのピストンの位置を原点として管に平行に x 軸をとり、ピストンを引き抜く方向を正の方向とする。ピストンの位置 x を 0 から正の方向へゆっくり動かすと、一旦共鳴が止み再び共鳴が起きた。そのとき $x = a$ [m] であった。室内の音速は室温のみに依存するとし、開口端補正は無視できるとする。

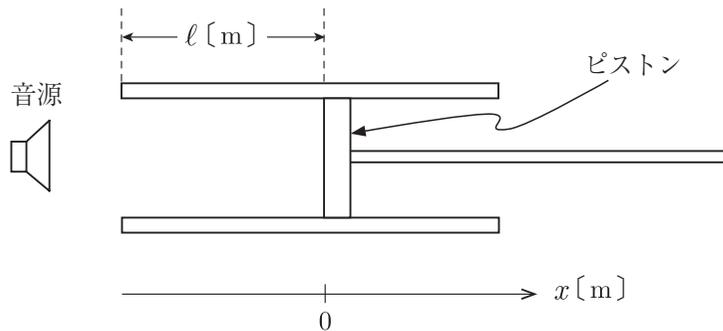


図 1

問1 室内の音速 v [m/s] はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $v =$ [m/s]

- ① af ② $2af$ ③ $\frac{a}{f}$ ④ $\frac{2a}{f}$ ⑤ $\frac{f}{a}$ ⑥ $\frac{f}{2a}$

問2 ピストンの位置 x が 0 のとき、管内にできる定常波の腹の数 m はいくらか。
正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $m = \boxed{2}$ 個

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

問3 $x = 0$ のまま、腹の数が $m + 1$ 個の定常波を生じさせるように音源からの音の振動数を変化させると、 f' [Hz] になった。 f' [Hz] はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $f' = \boxed{3}$ [Hz]

- ① $\frac{\ell + a}{\ell} f$ ② $\frac{\ell}{\ell + a} f$ ③ $\frac{\ell - a}{\ell} f$ ④ $\frac{\ell}{\ell - a} f$

問4 問3における振動数 f' [Hz] のまま、定常波の腹の数を m 個にもどすには、 x をいくらにすればよいか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

$\boxed{4}$ [m]

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

問5 室温を変えることで室内の音速を v' [m/s] にした。音源からの音の振動数は元の f [Hz] のまま固定し、腹の数が元と同じ m 個の定常波を生じさせるには、 x をいくらにすればよいか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

$\boxed{5}$ [m]

- ① $\frac{v - v'}{v} \ell$ ② $\frac{v' - v}{v} \ell$ ③ $\frac{v}{v - v'} \ell$ ④ $\frac{v}{v' - v} \ell$

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 15)

図1のように、 $R[\Omega]$ の電気抵抗3個と起電力 $E[V]$ と $2E[V]$ の直流電源とスイッチ S とを接続した。3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。はじめ、スイッチ S は開かれている。

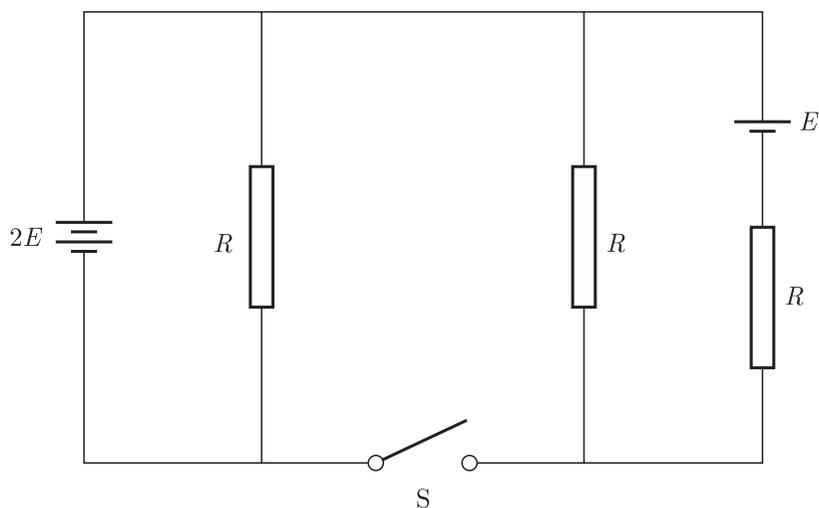


図 1

問1 スイッチ S が開いているとき，起電力 $2E$ [V] の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 $\frac{2E}{R}$ ③ $\frac{E}{2R}$ ④ $\frac{3E}{R}$

問2 問1において，起電力 $2E$ [V] の直流電源が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 $\frac{E^2}{2R}$ ② $\frac{2E^2}{R}$ ③ $\frac{E^2}{R}$ ④ $\frac{4E^2}{R}$

問3 スイッチ S を閉じたとき，起電力 $2E$ [V] の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 $\frac{5E}{R}$ ② $\frac{2E}{R}$ ③ $\frac{2E}{3R}$ ④ $\frac{4E}{R}$

問4 問3において，スイッチ S 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。 4 [A]

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