

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 35)

図1のように、なめらかな定滑車Pを天井からつりし、これに伸縮しない糸aをかけ、その一端に質量 m の箱A をとりつける。また糸aの他方には、質量 M ($M > 4m$) のおもりBを軽い支柱でとりつけたなめらかな動滑車Qをつりさげ、糸が鉛直になるように糸aの他端を天井に固定した。さらに箱Aの内部には、質量 m の大きさの無視できる小球Cが糸bでつりさげられていて、小球Cの高さは箱Aの内部の床から測って h である。重力加速度の大きさを g とし、滑車P、Q、糸a、bの質量は無視できるものとし、空気抵抗も無視できるものとする。なお、滑車Pと箱Aは衝突しないものとする。

はじめ、箱Aに鉛直下向きの力を加え、全体を静止させておく。

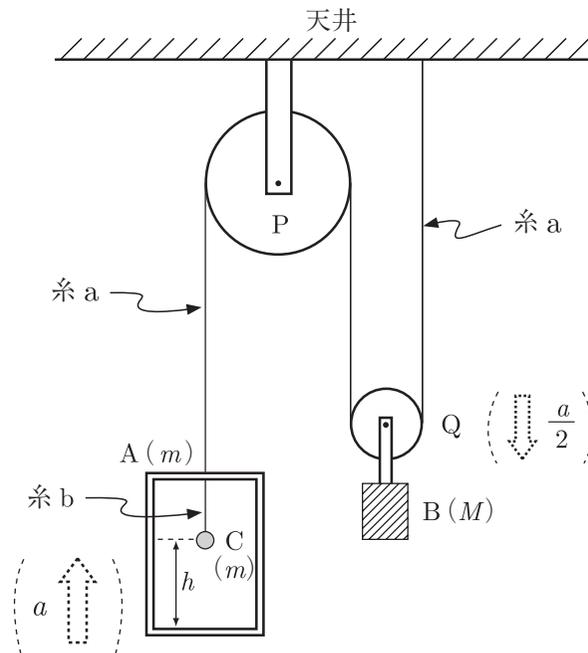


図 1

問1 はじめ、全体が静止しているとき、糸 a の張力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

- ① $2Mg$ ② Mg ③ $\frac{1}{2}Mg$ ④ $\frac{1}{4}Mg$

問2 問1 のとき、箱 A に鉛直下向きに加えている力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。 2

- ① $\left(\frac{M}{2} - 2m\right)g$ ② $\left(\frac{M}{2} - m\right)g$ ③ $(M - 2m)g$ ④ $(M - m)g$

問3 問2 の力を静かに取り除いたところ、箱 A と小球 C は加速度の大きさ a で上昇し、滑車 Q とおもり B は加速度の大きさ $\frac{a}{2}$ で下降した。 a の値はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $a =$ 3

- ① $\frac{M - 4m}{M + 4m}g$ ② $\frac{2(M - 4m)}{M + 4m}g$ ③ $\frac{M - 4m}{M + 8m}g$ ④ $\frac{2(M - 4m)}{M + 8m}g$

問4 はじめの状態から、おもり B が距離 l だけ下降したときの、箱 A 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。 4

- ① $\sqrt{\frac{al}{2}}$ ② \sqrt{al} ③ $\sqrt{2al}$ ④ $2\sqrt{al}$

問5 その後、糸 b を静かに切った。箱 A の加速度の大きさ a' はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $a' =$ 5

- ① $\frac{M - 2m}{M + 4m}g$ ② $\frac{2(M - 2m)}{M + 4m}g$ ③ $\frac{M - 2m}{M + 8m}g$ ④ $\frac{2(M - 2m)}{M + 8m}g$

物理 I

問 6 問 5 において、糸 b を切ってから、小球 C が箱 A の内部の床に衝突するまでの時間はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6

① $\sqrt{\frac{2h}{a'}}$

② $\sqrt{\frac{2h}{g}}$

③ $\sqrt{\frac{2h}{g+a'}}$

④ $\sqrt{\frac{2h}{g-a'}}$

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 35)

図1のように、線密度 ρ [kg/m] の一様な弦を水平に張り、二つの支点 A, B 間で振動させる。A, B 間の距離は l [m] である。弦の一端には振動駆動装置 P がつながられ、他端には滑車 Q を介して質量 M [kg] のおもりが n 個つりさげられている。弦の下方には、長さが調節できる気柱 R が置いてある。気柱の開口端補正は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、弦の質量はおもりの質量に比べて無視できるものとする。

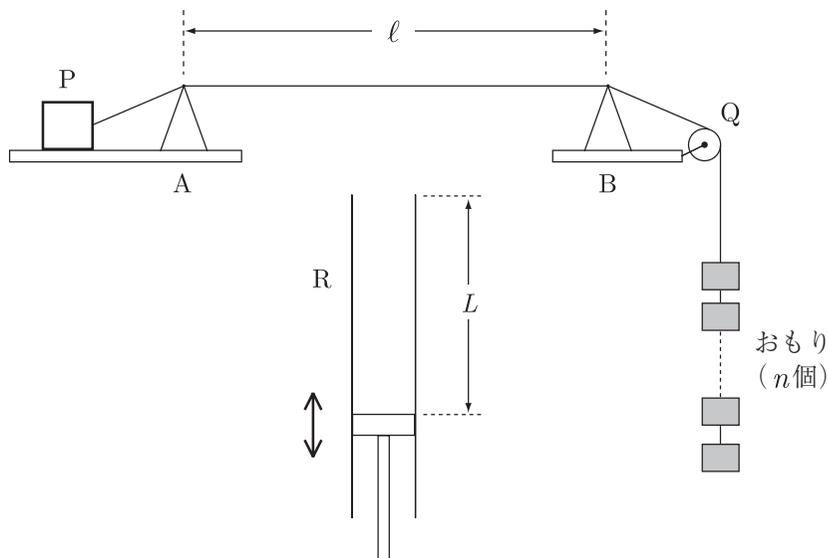


図 1

問1 振動駆動装置 P を用いて、弦を振動数 f [Hz] で振動させたところ、A, B 間に腹が一つの定常波が観測された。この定常波の波長はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 [m]

- ① $\frac{1}{4}l$ ② $\frac{1}{2}l$ ③ l ④ $2l$

問2 問1 のとき、弦を伝わる波の速さはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{2}$ [m/s]

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

問3 一般に弦を伝わる波の速さ v [m/s] は、弦の張力の大きさ T [N] と弦の線密度 ρ [kg/m] を用いて、 $v = T^x \cdot \rho^y$ と表せる。両辺の単位の次元を比較することによって、 x と y の値を求めるとどうなるか。正しい組合せを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{3}$

- ① $x = \frac{1}{2}, y = \frac{1}{2}$ ② $x = \frac{1}{2}, y = -\frac{1}{2}$
 ③ $x = -\frac{1}{2}, y = \frac{1}{2}$ ④ $x = -\frac{1}{2}, y = -\frac{1}{2}$

問4 振動数 f [Hz] を、おもりの個数 n を用いて表せ。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $f = \boxed{4}$ [Hz]

- ① $\frac{1}{2\ell} \sqrt{\frac{\rho}{nMg}}$ ② $\frac{1}{\ell} \sqrt{\frac{\rho}{nMg}}$ ③ $\frac{1}{2\ell} \sqrt{\frac{nMg}{\rho}}$ ④ $\frac{1}{\ell} \sqrt{\frac{nMg}{\rho}}$

問5 振動数を f [Hz] のままにして、おもりの数を n から 3 個減らすと、A、B 間に波長 ℓ [m] の定常波が観測された。 n の値はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $n = \boxed{5}$ 個

- ① 7 ② 6 ③ 5 ④ 4

物理 I

問6 問1の振動において、気柱の長さを0からしだいに長くしていったところ、気柱の長さが L [m] のときはじめて共鳴振動をした。空気中の音速はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6 [m/s]

① fL

② $2fL$

③ $3fL$

④ $4fL$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 3] (配点 15)

図1のように、大気圧 P_0 [Pa] の大気中に、円筒形の容器を鉛直にたて、気密をたもちながらめらかに動きうるピストンによって、内部に気体 G を封入した。ピストンの断面積は S [m²] で、質量は M [kg] である。なお、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

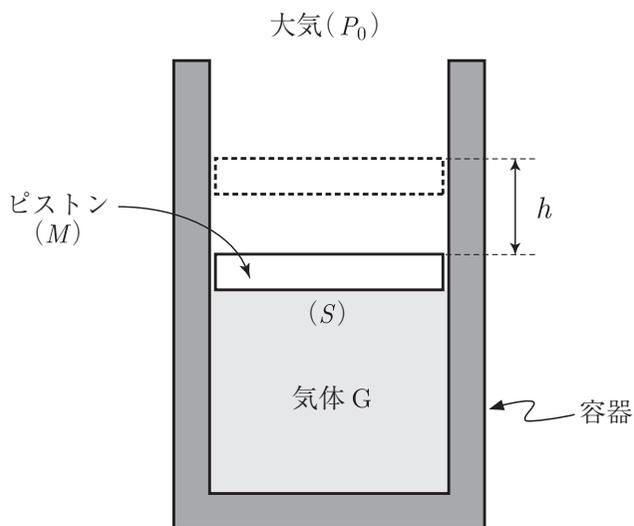


図 1

問1 はじめ、ピストンは静止していた。このときの気体 G の圧力はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 [Pa]

- ① $P_0 + MgS$ ② $P_0 + \frac{Mg}{S}$ ③ $P_0 - MgS$ ④ $P_0 - \frac{Mg}{S}$

問2 はじめの状態から、気体 G にゆっくりと熱量 Q [J] を与えると、ピストンはゆっくりと h [m] だけ上昇した。この間に気体 G が外部にした仕事を W [J] とすると、 W [J] に対する条件はどれか。正しいものを、次の①～③のうちから一つ選べ。

- ① $W < Mgh$ ② $W = Mgh$ ③ $W > Mgh$

問3 問2において、気体 G の内部エネルギーの変化はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 [J]

- ① $-Q - W$ ② $-Q + W$ ③ $Q - W$ ④ $Q + W$

物理 I

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 15)

図1のように、 $2R[\Omega]$ 、 $R[\Omega]$ および $R[\Omega]$ の電気抵抗と起電力 $E[V]$ の直流電源と切り替えスイッチ 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。

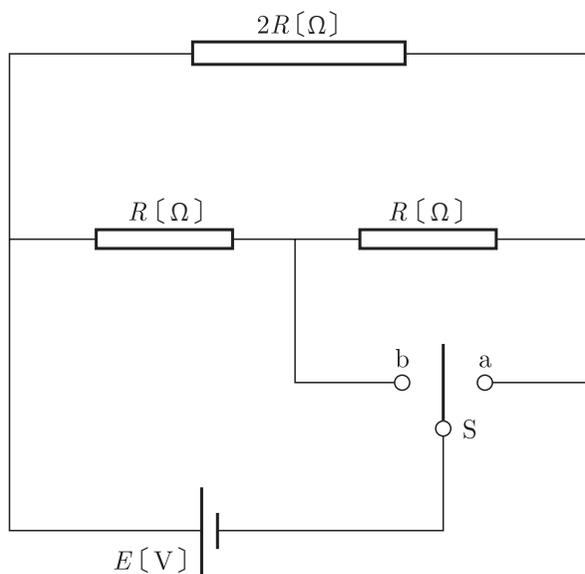


図 1

問1 切り替えスイッチ S を端子 a 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 $\frac{E}{2R}$

② $\frac{E}{R}$

③ $\frac{3E}{2R}$

④ $\frac{2E}{R}$

問2 切り替えスイッチ S を端子 b 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。 2 [A]

① $\frac{E}{3R}$

② $\frac{2E}{3R}$

③ $\frac{E}{R}$

④ $\frac{4E}{3R}$

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

① $\frac{4E^2}{9R}$

② $\frac{E^2}{3R}$

③ $\frac{2E^2}{9R}$

④ $\frac{E^2}{9R}$