

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、水平面と角度 θ をなす十分に長いなめらかな斜面がある。この斜面上に質量 m の小物体Aをのせた質量 m の台車Bを置く。台車Bの上面もなめらかであり、物体Aと台車Bの上方の壁は糸aでつながれており、物体Aの下端から台車Bの下方の壁までの距離は ℓ である。台車Bの上端につけた糸bの他端に、斜面の右端にあるなめらかな滑車を通して、おもりCをつり下げたところ、全体がつりあって静止した。重力加速度の大きさを g とし、糸a、bと滑車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、台車Bと滑車は衝突しないものとし、糸aと、糸bの台車Bと滑車との間の部分は、斜面と平行に張られている。

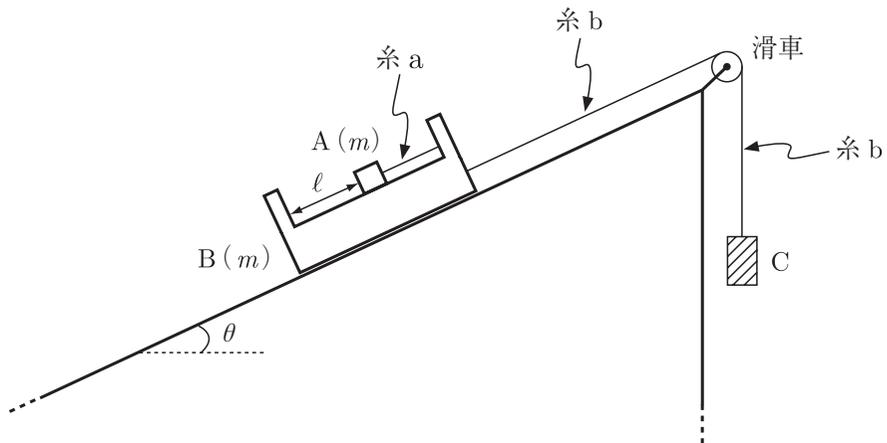


図 1

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 mg ② $mg \tan \theta$ ③ $mg \cos \theta$ ④ $mg \sin \theta$

問2 おもり C の質量はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ① $2m \sin \theta$ ② $2m \cos \theta$ ③ $2m \tan \theta$ ④ $2m$

問3 はじめの状態から糸 a を静かに切ると、物体 A は斜面に平行に下方へすべりはじめ、台車 B は斜面上を上方へ動きだした。このとき、物体 A の加速度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

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

問4 問3 のとき、台車 B の加速度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

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

問5 糸 a が切れてから、物体 A が台車 B の下方の壁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。 5

- ① $\sqrt{\frac{2\ell(1+2\sin\theta)}{g(1+\sin\theta)\sin\theta}}$ ② $\sqrt{\frac{\ell(1+2\sin\theta)}{g(1+\sin\theta)\sin\theta}}$
 ③ $\sqrt{\frac{2\ell(1+2\sin\theta)}{g(1+\sin\theta)\cos\theta}}$ ④ $\sqrt{\frac{\ell(1+2\sin\theta)}{g(1+\sin\theta)\cos\theta}}$

物理 I

問 6 問 5 の時間のあいだに，物体 A の重力の位置エネルギーはいくら減少したか。

正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 6

① $\frac{mgl(1+2\sin\theta)\cos\theta}{2(1+\sin\theta)}$

② $\frac{mgl(1+2\sin\theta)\sin\theta}{2(1+\sin\theta)}$

③ $mgl\cos\theta$

④ $mgl\sin\theta$

第2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 35)

図1, 2のように、おんさPの一端Aに、線密度 ρ [kg/m] の一様な弦を固定し、弦の他端には滑車Bを介して質量 M [kg] のおもりがつりさげられている。弦のAB部分は水平で、その長さは ℓ [m] である。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。なおこのとき、弦を伝わる横波の速さは、 $\sqrt{\frac{Mg}{\rho}}$ [m/s] と表せる。

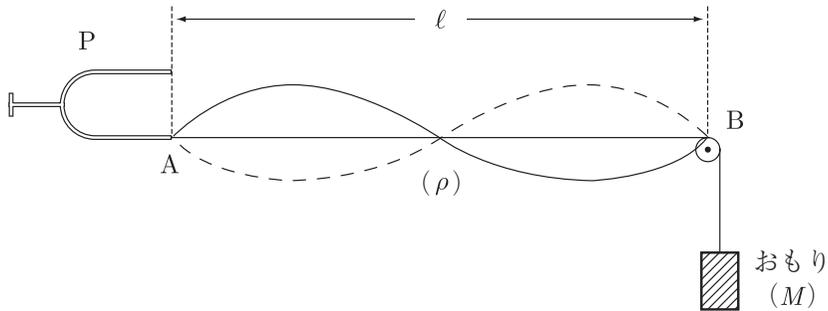


図 1

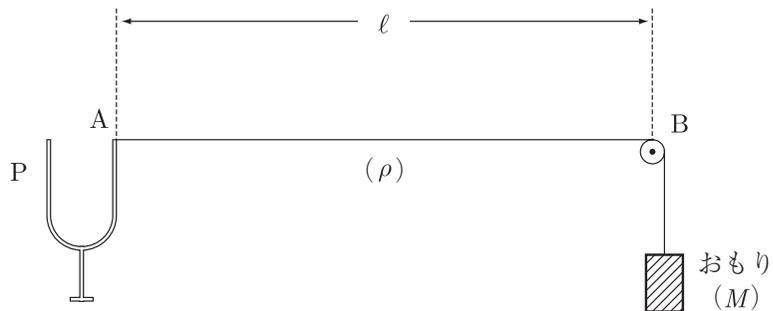


図 2

問1 図1のように、おんさPを水平にして振動させると、弦のAB部分に二つの腹をもつ定常波が生じた。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 $\frac{1}{4}\ell$ ② $\frac{1}{2}\ell$ ③ ℓ ④ 2ℓ

問2 おんさP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。 [Hz]

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

問3 図1において、おもりの質量だけを変化させて、その質量を xM [kg] にした。そして、おんさPを振動させると、弦のAB部分に基本振動が生じた。 x 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。 $x =$

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

問4 図1において、おもりの質量だけを変化させて、その質量を $\frac{1}{4}M$ [kg] にした。そして、おんさPを振動させると、弦のAB部分に生じる定常波の腹の個数はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 個

- ① 4 ② 3 ③ 2 ④ 1

問5 図2のように、同じおんさPを鉛直にして、おんさPを振動させると、弦のAB部分に生じる定常波の腹の数はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 個

- ① 4 ② 3 ③ 2 ④ 1

物理 I

問6 図2において、おもりの質量だけを変化させて、その質量を yM [kg] にした。
そして、おんさ P を振動させると、弦の AB 部分に腹が3個の定常波が生じた。
 y 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。 $y = \boxed{6}$

① $\frac{1}{3}$

② $\frac{1}{6}$

③ $\frac{1}{9}$

④ $\frac{1}{12}$

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、真空中に円筒形容器が水平に固定されていて、気密をたもちながらなめらかに動きうるピストンによって、内部に気体 G を封入してある。ピストンは左方の壁とばね定数 k [N/m] のばねで連結されていて、ばねは常に水平な状態をたもつものとする。はじめ、ばねが自然長から x_0 [m] だけ縮んだ状態で、ピストンは静止していた。なお、ピストンの断面積を S [m²] とする。

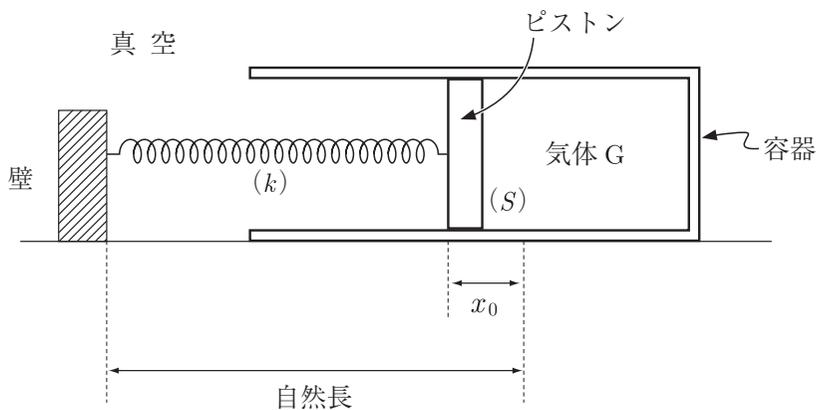


図 1

問1 はじめの状態での気体 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。 $\boxed{1}$ [Pa]

① $\frac{kx_0}{2S}$

② $\frac{kx_0}{S}$

③ kx_0S

④ $2kx_0S$

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左へ移動し、ばねの縮みが x_1 [m] ($x_1 > x_0$) となってピストンは静止した。この過程で、気体 G が外部にした仕事 W [J] はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $W = \boxed{2}$ [J]

① $\frac{1}{2}kx_0^2$

② $\frac{1}{2}kx_1^2$

③ $\frac{1}{2}k(x_1 - x_0)^2$

④ $\frac{1}{2}k(x_1^2 - x_0^2)$

問3 問2 の過程で、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。 $\boxed{3}$ [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、 $x[\Omega]$ および $R[\Omega]$ の電気抵抗と起電力 $E[\text{V}]$ 、内部抵抗 $r[\Omega]$ ($r < R$) の直流電源とスイッチ S とを接続した。はじめ、スイッチ S は開かされている。 $x[\Omega]$ 、 $R[\Omega]$ および $r[\Omega]$ 以外の回路の電気抵抗は、すべて無視できるものとする。

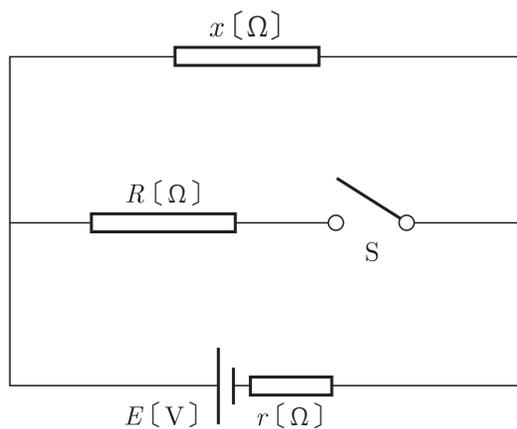


図 1

問1 はじめの状態で、 $x[\Omega]$ の電気抵抗での消費電力 $P[\text{W}]$ はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $P = \boxed{1} [\text{W}]$

① $\frac{E^2 r}{(r-x)^2}$ ② $\frac{E^2 x}{(r-x)^2}$ ③ $\frac{E^2 r}{(r+x)^2}$ ④ $\frac{E^2 x}{(r+x)^2}$

問2 問1において、 $x[\Omega]$ の値をいろいろと変化させたとき、 $P[\text{W}]$ の値を最大にする $x[\Omega]$ 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。
 $x = \boxed{2} [\Omega]$

① $\frac{1}{2} r$ ② r ③ $\frac{3}{2} r$ ④ $2r$

問3 スイッチ S を閉じた状態で、 $x[\Omega]$ の値をいろいろと変化させた。このとき、 $x[\Omega]$ と $R[\Omega]$ の電気抵抗での消費電力の和を最大にする $x[\Omega]$ 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。 $x = \boxed{3} [\Omega]$

① $\frac{2Rr}{R+r}$ ② $\frac{Rr}{R+r}$ ③ $\frac{2Rr}{R-r}$ ④ $\frac{Rr}{R-r}$