

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)

鉛直な壁面と、一様な質量 m の棒(AB)，および重さが無視できる糸(BC)が、図1のように配置されている。糸はB点において棒の先端に結ばれており、C点において壁に固定され、水平に張っている。ただし、三角形ABCの各辺の長さは $AB = 5l$ ， $BC = 4l$ ， $AC = 3l$ とし、重力加速度の大きさを g とする。

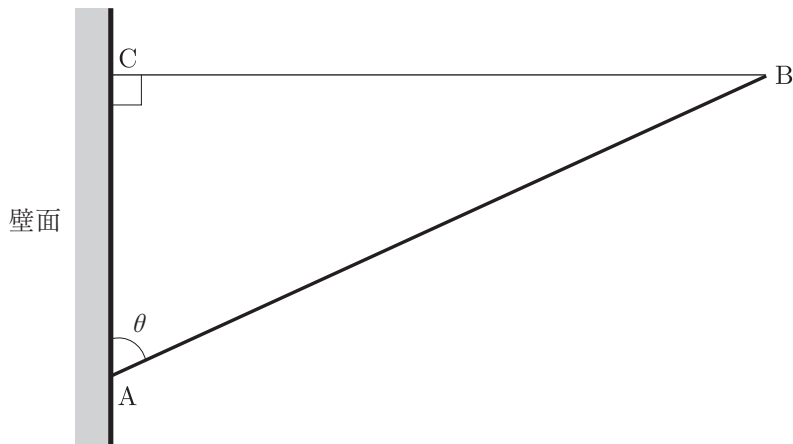


図 1

問1 棒がA点において、自由に回転できるちょうつがいで壁に固定されている場合、糸の張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。

- ① $\frac{2}{5}mg$ ② $\frac{3}{5}mg$ ③ $\frac{4}{5}mg$ ④ $\frac{2}{3}mg$ ⑤ $\frac{4}{3}mg$

問2 問1の場合、棒がA点において壁から受ける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。

- ① $\frac{3}{4}mg$ ② $\frac{2}{3}mg$ ③ $\frac{5}{3}mg$ ④ $\frac{\sqrt{7}}{5}mg$ ⑤ $\frac{\sqrt{13}}{3}mg$

問3 棒がA点において、ちょうつがいでではなく、壁と棒との間に摩擦力がはたらく場合を考える。ここで、静止摩擦係数は μ とする。

棒のB点に質量 M のおもりをつけて、おもりを取り付ける位置をB点からA点に向けて徐々に移動しながら、糸BCが水平に張ったままバランスが保てるかどうかを実験したところ、B点からの距離が x ($0 < x < 5l$)になるまではバランスを保ち、 x を越えたときにバランスを崩して棒が壁から滑り落ちた。バランスを崩す直前の状態の糸の張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。

- ① mg ② Mg ③ $(M+m)g$ ④ $\frac{Mg}{\mu}$ ⑤ $\frac{(M+m)g}{\mu}$

物理 I

問4 問3において、バランスを崩す直前の状態での A 点のまわりの質量 M のおもりのモーメントはいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

4

- ① $\frac{5}{4}Mgx$ ② $\frac{4}{5}Mgx$ ③ $\frac{4}{5}Mg(5l-x)$
④ $\frac{5}{4}Mg(5l-x)$ ⑤ $\frac{3}{5}Mg(5l-x)$

問5 問3において、B 点からの距離が x になるまではバランス状態が存在するための静止摩擦係数 μ の条件はどうなるか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

5

- ① $\mu > \frac{M+m}{2M+m}$ ② $\mu > \frac{3M+m}{2M+m}$ ③ $\mu > \frac{M+3m}{2M+m}$
④ $\mu > \frac{3M+3m}{4M+m}$ ⑤ $\mu > \frac{3M+3m}{4M+2m}$

問6 問3において、バランスを崩す直前の状態で、 $M=7m$ かつ $\mu=0.9$ のときの、B 点からの距離 x の値はいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

6

- ① $\frac{2}{5}l$ ② $\frac{1}{2}l$ ③ $\frac{9}{17}l$ ④ $\frac{25}{42}l$ ⑤ $\frac{22}{57}l$

物理 I

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、天井からつるしたばね(自然長 L 、ばね定数 k)に物体 A(質量 m_A)をつなぎ、物体 A の下に糸(長さ l)で物体 B(質量 m_B)をつなぐ。ただし、重力加速度の大きさを g とし、物体 A と B の大きさ、ばねと糸の質量、および、空気抵抗は無視できるものとする。なお、物体 A、B は鉛直方向にのみ動くものとし、その位置を表すために、天井の位置を原点、鉛直下向きを正の方向とする x 軸を設定し、物体 A の位置 (x 座標) を x_A とする。また、ばねの伸びを d とする ($d = x_A - L$)。

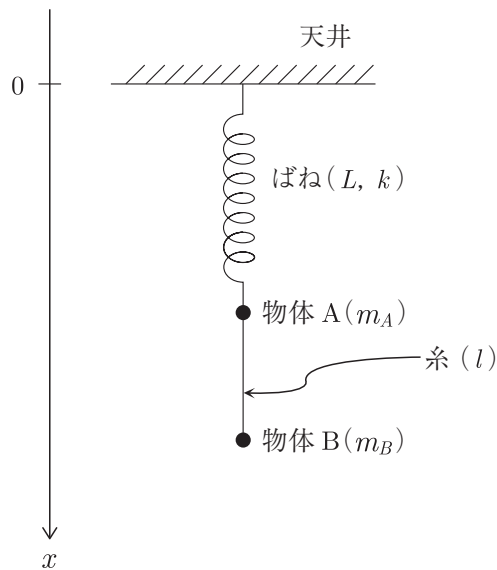


図 1

問1 はじめ、ばねが自然長となるように手で物体 A を支えておき ($x_A = L$)、その後、静かに手を離れた。ばねが伸びている状態 ($d > 0$) のときは、糸はぴんと張ったままで物体 A と B の運動が進行する。そのようなばねの伸び d のときの物体 A の加速度 a_A (鉛直下向きを正の方向とする) はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $a_A = \boxed{1}$

① $g - \frac{kd}{m_A}$

② $g - \frac{kd}{m_A + m_B}$

③ $\frac{m_A + m_B}{m_A}g - \frac{kd}{m_A}$

④ $\frac{m_A + m_B}{m_A}g - \frac{kd}{m_A + m_B}$

問2 問1において、糸の張力の大きさ T はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $T = \boxed{2}$

① $m_B g$

② kd

③ $\frac{m_B}{m_A}kd$

④ $\frac{m_B}{m_A + m_B}kd$

問3 問1において、物体 A と B の運動エネルギーの合計 K はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $K = \boxed{3}$

① $(m_A + m_B)gd + \frac{1}{2}kd^2$

② $(m_A + m_B)gd - \frac{1}{2}kd^2$

③ $-(m_A + m_B)gd + \frac{1}{2}kd^2$

④ $-(m_A + m_B)gd - \frac{1}{2}kd^2$

物理 I

問4 今度は、はじめ、物体 A をある位置($x_A = L + d_1$ とおく)まで手で引っ張って静止させておき、その後、静かに手を離れた。ばねが自然長にもどるまでは($d > 0$ の満たされる間は)、糸はぴんと張ったままで物体 A と B の上昇が進み、ばねが自然長より短くなり出す($d < 0$)と糸は弛む。ばねが縮むところまで物体 A の上昇が進行したとすると、はじめの手を離す直前の物体 A の位置 $x_A (= L + d_1)$ はどんな条件を満たしていたことになるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $x_A (= L + d_1) > L +$ 4

- ① $\frac{2m_A m_B g}{(m_A + m_B)k}$ ② $\frac{m_A m_B g}{(m_A + m_B)k}$ ③ $\frac{2(m_A + m_B)g}{k}$ ④ $\frac{(m_A + m_B)g}{k}$

問5 問4において、物体 A がはじめの位置($x_A = L + d_1$)から最高点($x_A = L - d_2$ とおく)まで上昇して行くときの、物体 A の加速度 a_A (鉛直下向きを正の方向とする)と位置 x_A との関係を図2のようなグラフにすると、グラフの $L - d_2 \leq x_A \leq L$ の部分はどんな形になるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

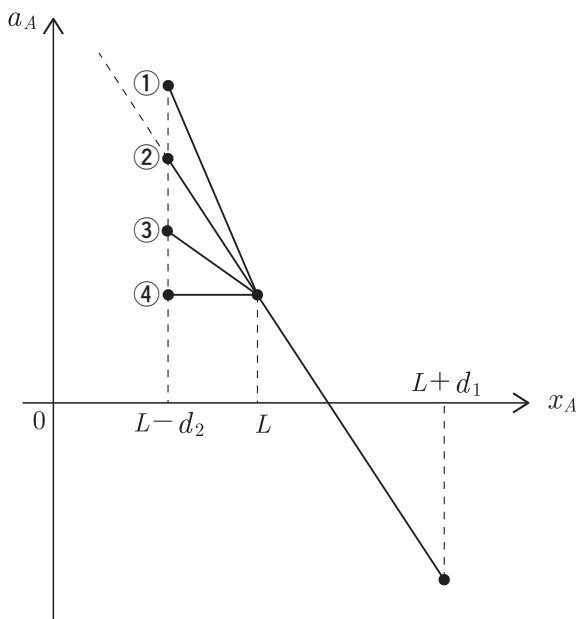
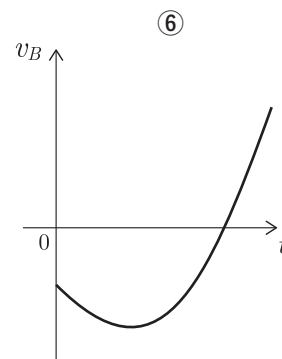
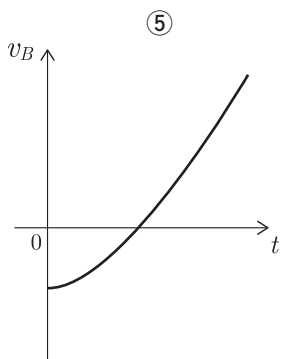
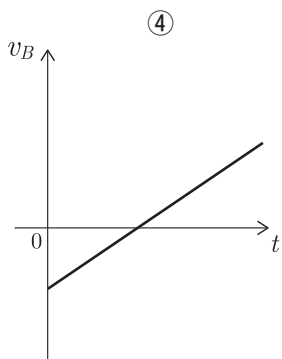
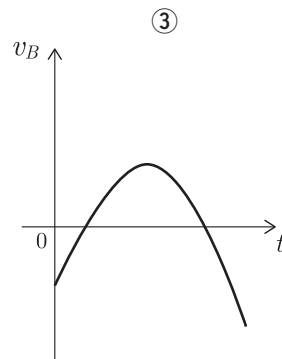
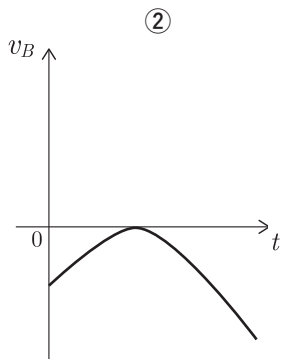
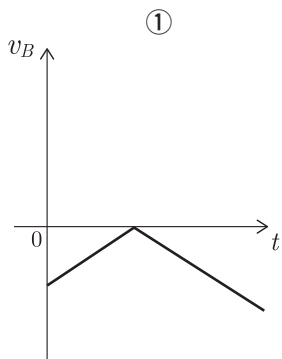


図 2

問 6 問 4 において、物体 A が上昇して $x_A = L$ の位置まで来た瞬間に糸を切った場合、その瞬間の時刻を 0 として、その後の物体 B の速度 v_B (鉛直下向きを正の方向とする) と時刻 t との関係を表しているグラフとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 6



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)

風が吹いていない空気中を x 軸と平行かつ正の向きに進む音波を考える。この音波の変位と x 座標の関係は、時刻 $t = 0$ において図1のようであった。ただし、振幅 A は L と比べて非常に小さいものとする。また、音速 V は常に一定であるとする。

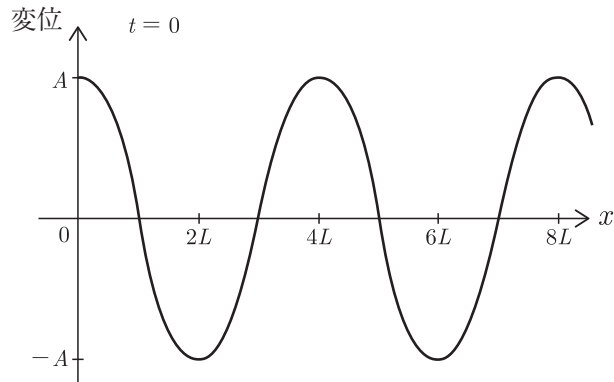


図 1

問1 この音波の周期はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① $\frac{L}{V}$ ② $\frac{V}{L}$ ③ $\frac{2L}{V}$ ④ $\frac{V}{2L}$ ⑤ $\frac{4L}{V}$ ⑥ $\frac{V}{4L}$

問2 次の①～④に挙げる x 座標の位置のうち、 $t = 0$ において空気の密度が最も高いものはどこか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

$x =$ の位置

- ① L ② $2L$ ③ $3L$ ④ $4L$

問3 図2のように、縦軸に $x = 2.5L$ における変位を、横軸に時刻 t をとったグラフにするとどのようになるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、図中の T はこの音波の周期を表すものとする。 3

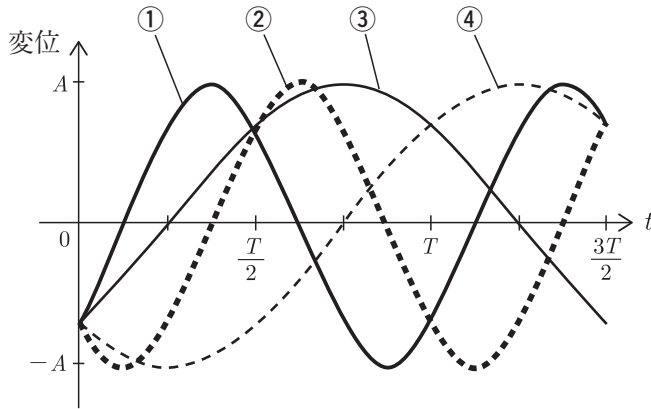


図 2

問4 図1の音波と同じ振動数、同じ振幅の音を出す音源を二つ用意し、 x 軸上の2点に向かい合わせに設置した。その結果、二つの音源の間では定常波が観測された。この定常波の節と節の間の距離はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① L ② $2L$ ③ $3L$ ④ $4L$

問5 問4の二つの音源をそれぞれ台車に乗せてどちらも一定の速度 v ($v > 0$) で x 軸に沿って動かしたところ、二つの音源の間に固定したマイクで、うなりが観測された。このうなりの周期はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、 v は V より十分小さいものとする。また、一方の音源がマイクの位置を通過した後のことは考えなくてよい。 5

- ① $\frac{2Lv}{V^2}$ ② $\frac{4Lv}{V^2}$ ③ $\frac{8Lv}{V^2}$
- ④ $\frac{L(V^2 - v^2)}{2vV^2}$ ⑤ $\frac{L(V^2 - v^2)}{vV^2}$ ⑥ $\frac{2L(V^2 - v^2)}{vV^2}$

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、 $R[\Omega]$ の電気抵抗A, B, C, D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。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。

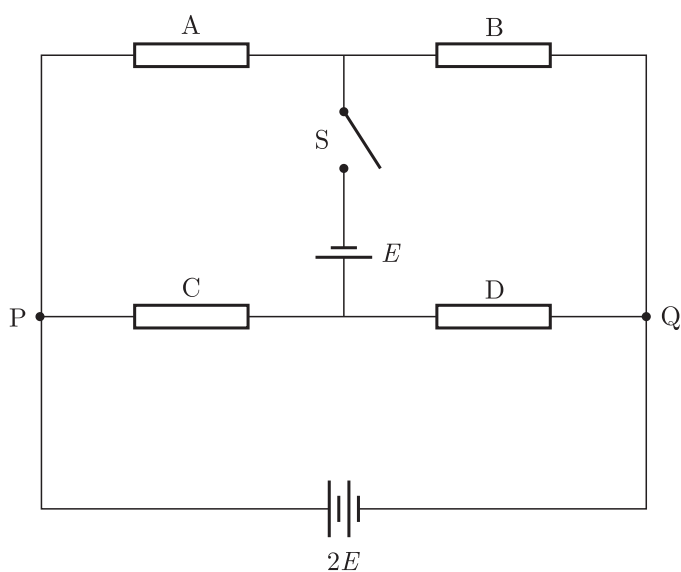


図 1

問1 スイッチ S が開いているとき、2点 P, Q 間の合成抵抗はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

① $\frac{R}{2}$

② R

③ $2R$

④ $4R$

問2 スイッチ S を閉じたとき、電気抵抗 A 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 $\frac{E}{R}$

② $\frac{E}{2R}$

③ $\frac{3E}{R}$

④ $\frac{3E}{2R}$

問3 問2 のとき、起電力 E [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。

① $\frac{E^2}{R}$

② $\frac{E^2}{2R}$

③ $\frac{3E^2}{R}$

④ $\frac{3E^2}{2R}$