

問 1

図1のように、水平な地面に置かれて静止している質量 m の小球に、軽くて伸び縮みしない糸の一端を付け、糸が鉛直に張った状態で、時刻 $t=0$ から糸の他端に一定の力を鉛直上向きに加え続けた。小球は鉛直上向きに大きさ a の一定の加速度で運動し、時刻 $t=t_1$ に地面からの高さが h になった。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。

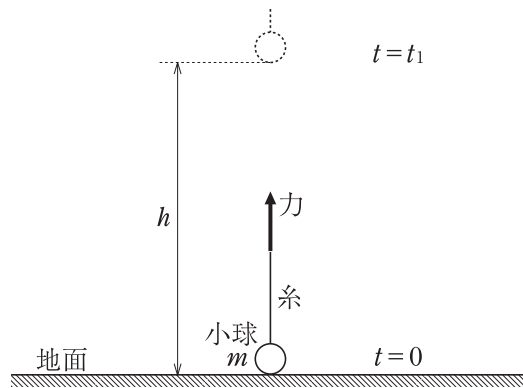


図 1

- (1) 糸に鉛直上向きに加えた一定の力の大きさを、 m 、 a 、 g のうちから必要なものを用いて表せ。
- (2) t_1 を、 a 、 g 、 h のうちから必要なものを用いて表せ。また、時刻 $t=t_1$ における小球の速さを、 a 、 g 、 h のうちから必要なものを用いて求めよ。

令和6年度 システム工学群 総合型選抜

物 理 $\frac{2}{6}$

- (3) 小球が動き始めてから地面からの高さが h になるまでの間に、糸に鉛直上向きに加えた一定の力がした仕事と、重力が小球にした仕事を、それぞれ m , a , g , h のうちから必要なものを用いて求めよ。
- (4) 地面からの高さが h になった時刻 $t=t_1$ に、糸が切れた。その後、小球は最高点に達した。小球が達する最高点の地面からの高さを、 a , g , h のうちから必要なものを用いて表せ。ただし、糸が切れる直前と直後で小球の速度は変化しないものとし、切れた糸が小球の運動に影響を与えることはないものとする。

問 2

図2のように、水平な天井の点 A、O に、ともに軽くて伸び縮みしない長さ L の糸 1、糸 2 の一端をそれぞれ付け、糸 1、糸 2 の他端に質量 m の小球をつり下げると、小球は点 P で静止した。このとき、糸 1 と糸 2 が天井となす角度はともに 30° であった。点 O から鉛直下向きに距離 $L-x$ だけ離れた点 O' には、小さいピンが固定されている。重力加速度の大きさを g とする。

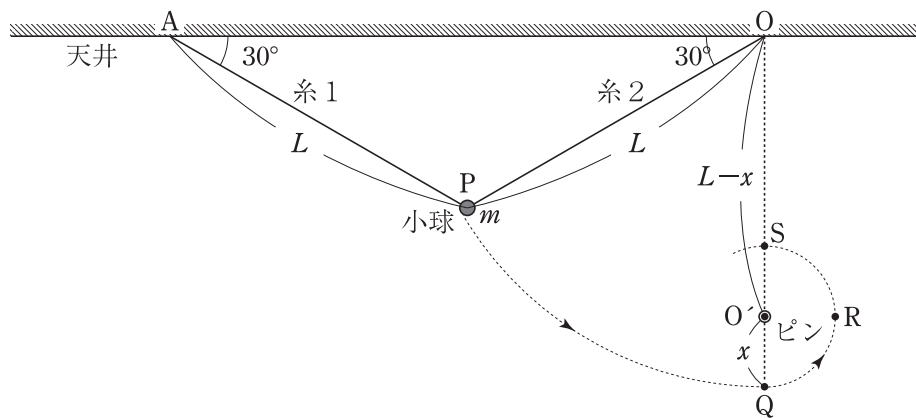


図 2

- (1) 小球が点 P で静止しているときの、糸 2 の張力の大きさを、 m 、 g を用いて求めよ。

糸 1 を静かに切ったところ、小球は点 P から初速度 0 で点 O を中心とする半径 L の円運動を始めた。その後、小球が最下点 Q に達したとき、糸 2 は点 O' にあるピンに接触し、その直後から、小球は点 O' を中心とする半径 x の円運動を始めた。ただし、糸 2 がピンに接触する直前と直後で小球の速度は変化せず、 $x < \frac{1}{2}L$ であるものとする。また、切った後の糸 1 が小球の運動に影響を与えることはなく、小球の運動は同一鉛直面内に限られるものとし、空気抵抗は無視できるものとする。

令和6年度 システム工学群 総合型選抜

物 理 $\frac{4}{6}$

- (2) 糸1を静かに切り、小球が点Pから初速度0で点Oを中心とする円運動を始めた直後の、糸2の張力の大きさを、 m 、 g を用いて表せ。
- (3) 小球が最下点Qを通過するときの速さと、その後に小球が点O'と同じ高さの点Rを通過するときの速さを、それぞれ g 、 L 、 x のうちから必要なものを用いて求めよ。
- (4) 小球が点Rを通過した後、点O'から鉛直上向きに距離 x だけ離れた点Sを通過するとき、そのときの小球の速さ v_S を、 g 、 L 、 x のうちから必要なものを用いて求めよ。また、小球が点Sを通過するための x の最大値を求めよ。

問3

図3のように，断熱容器の中に質量 100 g ，温度 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ の水と，質量 50 g ，温度 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ の氷が混在している。容器内の水の中には，抵抗値 $3.0\ \Omega$ の電熱線が沈められている。この状態から，電熱線を電圧 30 V の直流電源につなぎ，スイッチ S を閉じて時間 100 s にわたって電熱線に電流を流し，スイッチ S を開いた。氷の融解熱を 330 J/g ，水の比熱を $4.2\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。電熱線から発生した熱はすべて氷や水に吸収されるものとし，水の蒸発，および水や氷から外部への熱の流出は無視できるものとする。また，電熱線や導線の熱容量，直流電源の内部抵抗は無視でき，電熱線の抵抗値は一定で温度によって変化しないものとする。さらに，容器内の水と氷は常に全体が同じ温度になるものとする。

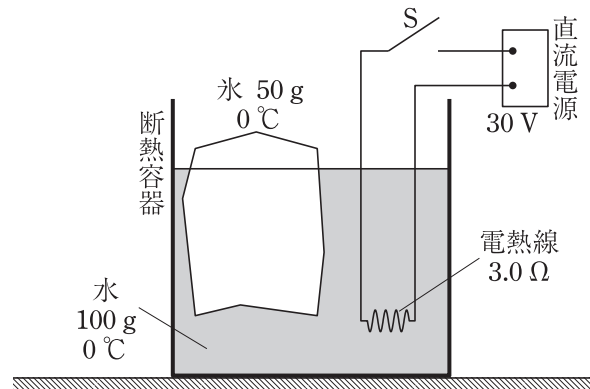


図 3

- (1) スイッチ S を閉じていたときに，電熱線に流れていた電流の大きさはいくらか。また，スイッチ S を閉じていた 100 s 間に，電熱線のある断面を通過した電気量の大きさはいくらか。それぞれ有効数字 2 桁で，適切な単位を付けて答えよ。

令和6年度 システム工学群 総合型選抜

物 理 $\frac{6}{6}$

- (2) スイッチ S を閉じていた 100 s 間に、電熱線で発生したジュール熱はいくらか。有効数字 2 桁で、適切な単位を付けて答えよ。
- (3) 容器の中の氷がすべてとけて $0 \text{ }^\circ\text{C}$ の水になるのは、スイッチ S を閉じてから何 s 後か。
- (4) スイッチ S を閉じてから 100 s が経過するまでについて、水の温度 T [$^\circ\text{C}$] とスイッチを閉じてからの経過時間 t [s] の関係を表すグラフを、解答欄に描け。