

問 1

図1のように、水平となす角度 30° のなめらかな斜面 PQ をもつ三角台を、水平な床面に固定する。斜面 PQ の下端の点 P は床面と接しており、上端の点 Q の床面からの高さは h である。質量 m の小球を点 P に置き、小球に斜面 PQ に沿って上向きに大きさ v_0 の初速度を与えると、小球は点 Q から速さ v_1 で空中に飛び出し、床面上の点 R に落下した。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。また、小球の運動は同一鉛直面内で行われるものとする。

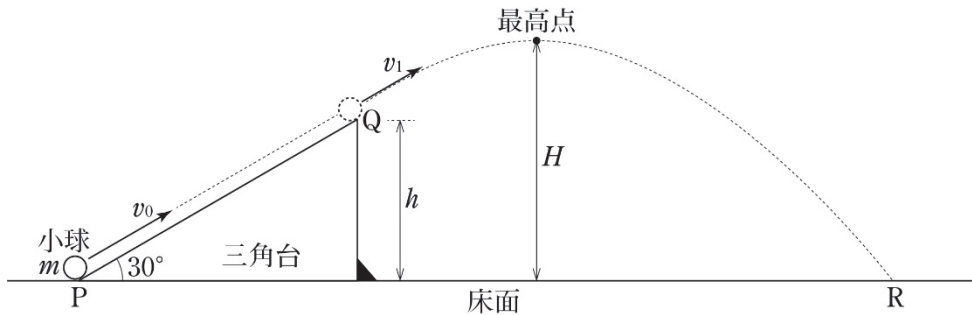


図 1

- (1) 小球が斜面 PQ に沿って運動しているとき、斜面 PQ から受ける垂直抗力の大きさ N はいくらか。また、このときの小球の加速度 a はいくらか。図を描いて求め方を説明し、それぞれ m, g のうちから必要なものを用いて表せ。ただし、斜面 PQ に沿って P から Q に向かう向きを加速度の正の向きとする。
- (2) 小球が点 Q から飛び出すときの速さ v_1 を、 v_0, g, h を用いて表せ。

令和5年度 システム工学群 総合型選抜

物 理 $\frac{2}{6}$

- (3) 小球が点 Q から飛び出して到達する最高点の床面からの高さ H を, h , v_1 , g を用いて表せ。
- (4) 小球が点 Q を飛び出してから, 床面上の点 R に落下するまでの時間 t を, h , v_1 , g を用いて表せ。

問 2

図1のように、水平でなめらかな床面上に、ばね定数 k の軽いばねが付いた質量 M の物体 A を、ばねを左側にして置く。はじめ、ばねは自然の長さになっており、物体 A はストッパーで固定されている。物体 A の左側の床面に置いた質量 m の物体 B に、水平右向きに大きさ v_0 の初速度を与えたところ、物体 B はばねの左端に接触した後、ばねを縮めていった。ただし、ばねは常に水平であり、物体 A, B の運動は同一直線上に限られるものとする。

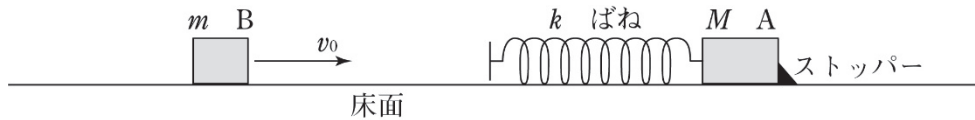


図 1

- (1) 物体 B がばねに接触した後、ばねの自然の長さからの縮みが x のとき、物体 B の加速度 a を、 x , k , m を用いて表せ。ただし、加速度は水平右向きを正の向きとする。
- (2) 物体 B がばねに接触した後のばねの自然の長さからの縮みの最大値 x_1 を、 v_0 , k , m を用いて表せ。
- (3) 物体 B がばねに接触してからばねの縮みが最大になるまでの時間 t_1 を、 k , m , および円周率 π を用いて表せ。また、物体 B がばねに接触したときを時刻 $t=0$ として、ばねの自然の長さからの縮み x と時刻 t の関係を表すグラフを、 $0 \leq t \leq 2t_1$ の範囲で描け。

次に、図2のように、物体Aがストッパーで固定されていない場合を考える。物体Aを床面上にばねを左側にして置く。はじめ、ばねは自然の長さになっている。物体Aの左側の床面に置いた物体Bに、水平右向きに大きさ v_0 の初速度を与えたところ、物体Bはばねの左端に接触した後、ばねを縮めていくと同時に、物体Aも動き始めた。

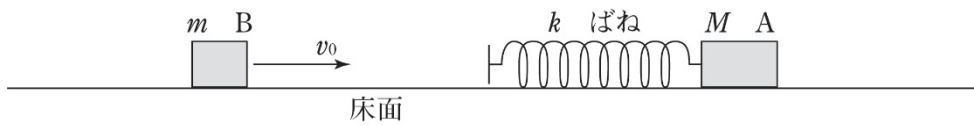


図 2

- (4) 物体Bがばねに接触した後、ばねの自然の長さからの縮みが最大になったときの物体Aの速さ V を、 m 、 M 、 v_0 を用いて表せ。また、ばねの自然の長さからの縮みの最大値 x_2 を、 v_0 、 k 、 m 、 M を用いて表せ。

問 3

図1のように、断熱容器に入った質量 200 g 、温度 $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ の液体に、抵抗値 $6.0\ \Omega$ のニクロム線を沈め、電圧 12 V の直流電源につないで 5.0 分間だけ電流を流すと、液体の温度が $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ になった。ニクロム線は、断面積が $2.0 \times 10^{-7}\text{ m}^2$ 、長さが 1.0 m であり、コイル状にしてある。ニクロム線から発生した熱は、すべて液体の温度上昇だけに使われるものとし、液体の蒸発は無視できるものとする。また、ニクロム線や導線の熱容量、直流電源の内部の抵抗は無視でき、ニクロム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。各問に有効数字2桁で、適切な単位を付けて答えよ。

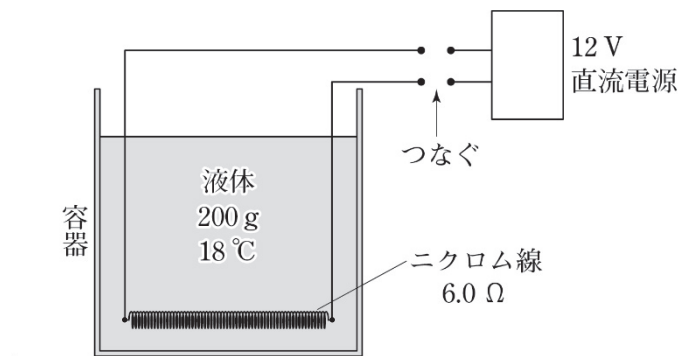


図 1

- (1) このニクロム線の抵抗率はいくらか。
- (2) 直流電源をつないでいるとき、ニクロム線を流れる電流はいくらか。また、ニクロム線の消費電力はいくらか。
- (3) 直流電源をつないだ 5.0 分間にニクロム線で発生したジュール熱はいくらか。また、液体の比熱（比熱容量）はいくらか。

次に，図2のように，はじめに使用したニクロム線を2等分し，それらを並列に接続して，断熱容器に入った質量200 g，温度18 °Cの同じ液体に沈め，電圧12 Vの直流電源につないで5.0分間だけ電流を流した。

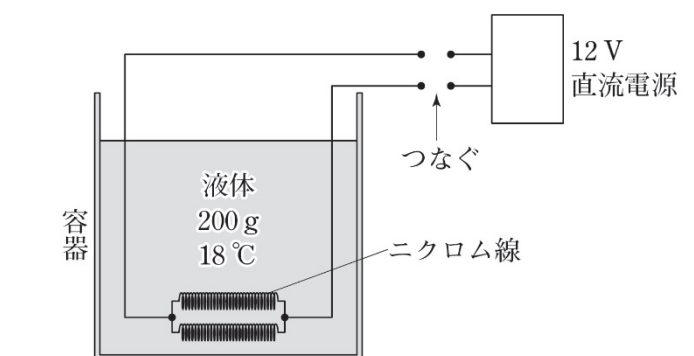


図 2

(4) 直流電源をつないでいるとき，直流電源を流れる電流はいくらか。また，直流電源をつないで5.0分間だけ電流を流した後，液体の温度はいくらか。