

問 1

図 1 のように、水平からの傾き 30° の粗い斜面がある。質量 m の物体 A をこの斜面上の点 O に置き、斜面に沿って上向きに初速度の大きさ v で打ち出したところ、物体 A は点 O から距離 x 離れた点 P まで進んで一瞬静止した後、点 O まで戻ってきた。重力加速度の大きさを g 、物体 A と斜面との間の動摩擦係数を $\frac{1}{2\sqrt{3}}$ とする。

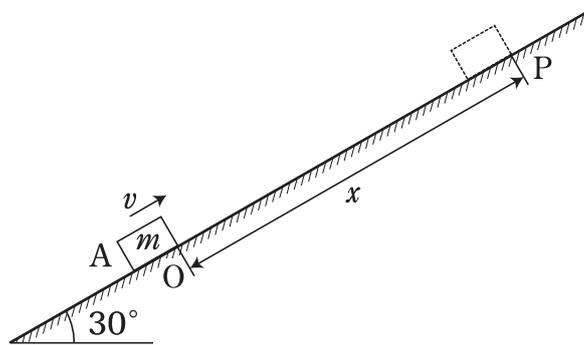


図 1

- (1) 物体 A にはたらく重力の斜面に平行な方向の成分の大きさ F と、物体 A が斜面に沿って上向きに進んでいるときに物体 A にはたらく動摩擦力の大きさ f を、それぞれ m, g を用いて表せ。

以降、重力による位置エネルギーの基準を点 O の高さとする。

- (2) 物体 A の点 P における力学的エネルギーと、初速度を与えた直後の物体 A の点 O における力学的エネルギーとの差は、物体 A が斜面に沿って上向きに進んでいるときに、物体 A にはたらく動摩擦力がした仕事と等しい。この関係を表した以下の式①中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ に入る式を、 m, v, x, g を用いて表せ。

式① : $\boxed{\text{ア}} = -fx$

物 理 $\frac{2}{8}$

- (3) 物体 A が打ち出された直後の物体 A の加速度 a_0 と、物体 A が点 P で一瞬静止したときの時間 t_1 を求めよ。ただし、物体 A が打ち出されたときを $t=0$ 、物体 A の初速度の向きを正とする。
- (4) 物体 A が点 O に戻ってきたときの速さを、 v を用いて表せ。
- (5) 物体 A が打ち出されてから点 P で一瞬静止し、その後 O に戻ってくるまでの、物体 A の加速度と時間 t の関係をグラフに示せ。ただし、縦軸を加速度 a 、横軸を時間 t とする。(3) と同様に、物体 A が打ち出されたときを $t=0$ 、物体 A の初速度の向きを正とし、 $t=0$ での物体 A の加速度、物体 A が点 P で一瞬静止したときの時間、物体 A が点 O に戻ってきたときの加速度、および時間をグラフに記入すること。

問 2

図 2 のように、半頂角 θ の円錐形の容器が頂点 O を下に向け、底面が水平となるように固定されており、その内側で質量 m の小球が頂点 O から高さ h の水平面内を速さ v で等速円運動している。重力加速度の大きさを g とし、小球の大きさや容器と小球の間の摩擦、空気抵抗は無視できるものとする。

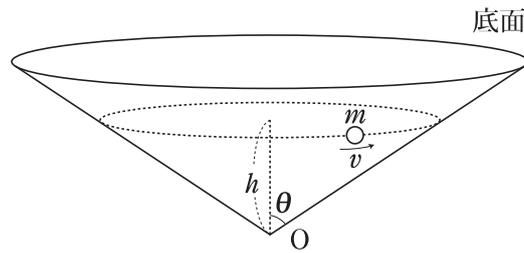


図 2

- (1) 小球とともに運動する観測者から見たとき、小球にはたらく遠心力の大きさ F を、 m , h , v , θ を用いて表せ。
- (2) 小球とともに運動する観測者から見たとき、小球にはたらく遠心力、小球にはたらく重力、小球が容器の内面から受ける垂直抗力がつり合っている。小球にはたらく重力の大きさを W としたとき、(1)の F と、小球にはたらく垂直抗力の大きさ N を、それぞれ W , θ を用いて表せ。
- (3) 小球の速さ v を、 g , h を用いて表せ。

令和8年度 システム工学群 総合型選抜

物 理 $\frac{4}{8}$

- (4) 次に円錐形の容器から小球を取り出し、長さ l の軽い糸にその小球をつけて単振り子を作ったところ、その周期は、円錐形の容器の頂点 O から高さ h の水平面内を速さ v で運動していた小球の等速円運動の周期（1周するのに要する時間）と一致した。このときの糸の長さ l を、 h 、 θ を用いて表せ。ただし、単振り子の振幅（振れ）は小さいものとする。

問3

図3のような，断面積 S ，長さ L の細長い円柱の形状をした一様な金属の抵抗 R があり，その抵抗値は R であった。抵抗 R の金属の抵抗率を ρ とする。

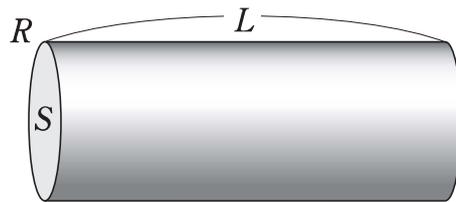


図3

- (1) 抵抗値 R を， ρ ， S ， L を用いて表せ。

- (2) 抵抗 R と同じ金属でできた細長い円柱の形状をした抵抗 R' がある。抵抗 R' の断面積は抵抗 R の断面積の4倍，抵抗 R' の長さは抵抗 R の長さの2倍であったとき，抵抗 R' の抵抗値 R' を， ρ ， S ， L を用いて表せ。

抵抗 R を 2 個と抵抗 R' を 1 個、電圧 V の直流電源を接続し、図 4 のような回路図で示される回路をつくった。

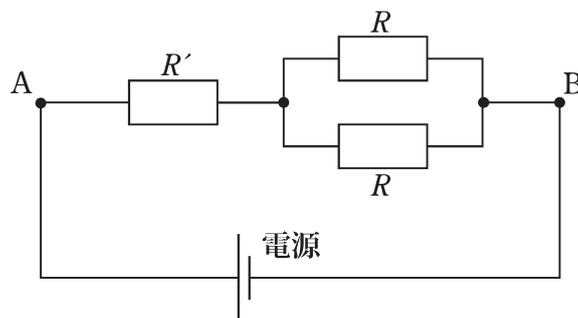


図 4

(3) 図 4 の AB 間の合成抵抗を、 R を用いて表せ。また、抵抗 R' で消費する電力 P を、 R , V を用いて表せ。

次に、水を入れた容器に抵抗 R を 1 個沈めて、この抵抗 R に図 4 と同じ電源を接続して電圧 V を加えたところ、抵抗 R には一定の電流が流れた。電流が流れ始めてから時間 t が経過したとき、水の温度は電流が流れ始めたときの温度から T 上昇した。

(4) 水と容器の熱容量の和を C とするとき、 T を、(3) の P および、 t , C を用いて表せ。なお、水と容器の温度は常に等しく、抵抗 R で発生したジュール熱はすべて水と容器の温度上昇に使われたものとする。

問 4

横波の伝わる方向を x 軸，媒質の振動の方向を y 軸，原点を O とする。図 5 は， x 軸上を正の向きに進む振幅 1.0 m の正弦波 A と，正弦波 A と同じ振幅，波長，速さで x 軸上を負の向きに進む正弦波 B の，時刻 $t=0 \text{ s}$ における波形を表したものである。なお，このときの原点 O での媒質の変位 (y 座標) は $y=0 \text{ m}$ であり，正弦波 A の先端の位置 (x 座標) は $x=6.0 \text{ m}$ で変位は $y=0 \text{ m}$ ，正弦波 B の先端の位置は $x=9.0 \text{ m}$ で変位は $y=0 \text{ m}$ である。また，正弦波 A, B はともに連続的に続いているものとする。

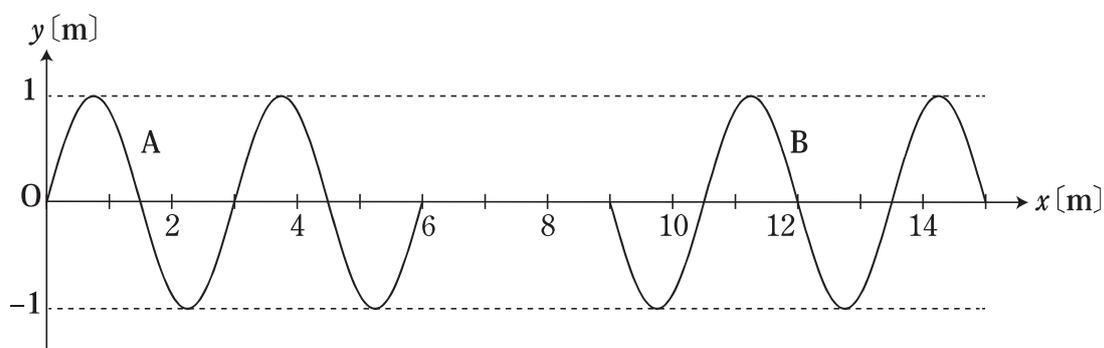


図 5

(1) 正弦波 A の波長は何 m か。

正弦波 A の先端と正弦波 B の先端が $t=1.0\text{s}$ のときに出合った。正弦波 A の先端と正弦波 B の先端が出合った x 軸上の位置を点 P とする。

(2) 点 P の位置 (x 座標) はいくらか。また，正弦波 A の波の速さは何 m/s か。

(3) $t=2.0\text{s}$ のとき，原点 O での媒質の変位 (y 座標) はいくらか。

令和8年度 システム工学群 総合型選抜

物 理 $\frac{8}{8}$

正弦波 A の先端と正弦波 B の先端が出合ってから十分に時間が経過すると、点 P の位置が腹となった定在波（定常波）が生じていた。

(4) OP 間における節の数は何個か。