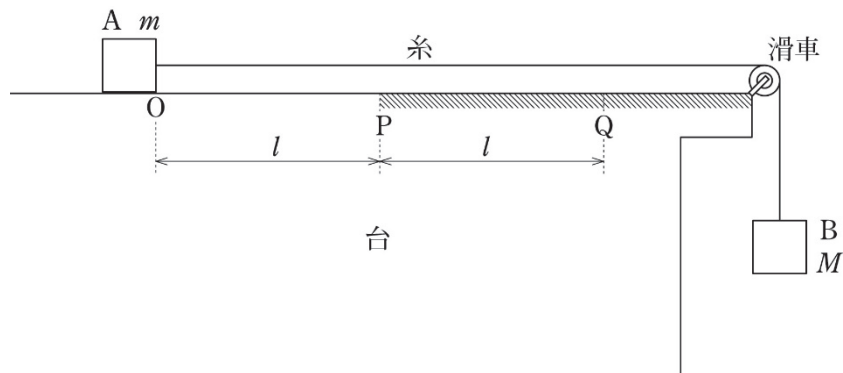


問 1

図のように，水平な上面をもつ台が固定されており，台の上面の点  $P$  より左側はなめらかで，右側はあらい。点  $P$  から距離  $l$  だけ左側の点を  $O$ ，距離  $l$  だけ右側の点を  $Q$  とする。点  $O$  に質量  $m$  の物体  $A$  を置き，物体  $A$  に軽くて伸び縮みしない糸の一端を付けて，糸をなめらかな滑車に通し，糸の他端に質量  $M$  の物体  $B$  をつり下げる。はじめ，点  $O$  の物体  $A$  に手で水平左向きに力を加えて静止させる。次に，手を静かにはなすと，物体  $A$  と物体  $B$  は一定の加速度で運動を始め，物体  $A$  が点  $P$  を通過した後はともに一定の速さになった。重力加速度の大きさを  $g$  とする。また，物体  $A$  と滑車の間の糸は水平であるとし，物体  $A$  の大きさは距離  $l$  に比べて十分に小さいものとする。



- (1) はじめに全体が静止していたとき，手で物体  $A$  に水平左向きに加えていた力の大きさはいくらか。

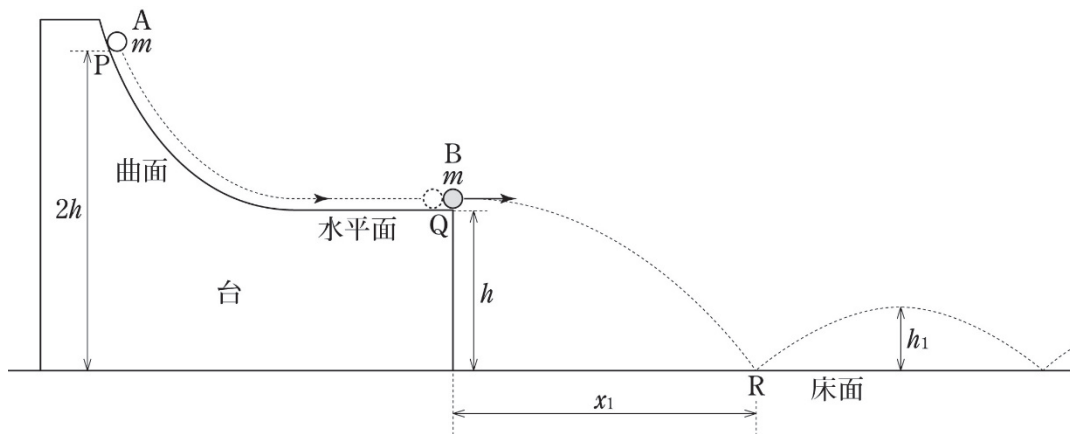
令和3年度 システム工学群 総合型選抜

物 理  $\frac{2}{6}$

- (2) 物体 A から静かに手をはなした後、物体 A が点 O から点 P に達するまでの間の物体 A, B の加速度の大きさを  $a$ 、糸の張力の大きさを  $T$  とする。 $a$  と  $T$  を、それぞれ  $m$ ,  $M$ ,  $g$  のうちから必要なものを用いて表せ。
- (3) 物体 A が点 P を通過した後、一定の速さになったときの糸の張力の大きさと、物体 A と台の上面の点 P より右側の部分の間の動摩擦係数はいくらか。それぞれ  $m$ ,  $M$ ,  $g$  のうちから必要なものを用いて表せ。
- (4) 物体 A が点 O で運動を始めてから点 Q に到達するまでの時間はいくらか。 $l$ , (2) の  $a$  を用いて表せ。

問 2

図のように、水平でなめらかな床面に台が固定されている。台の上面はなめらかな曲面となめらかな水平面からなり、その水平面は床面からの高さが  $h$  である。台の水平面の右端の点  $Q$  に質量  $m$  の小球  $B$  を置き、台の曲面上で床面からの高さが  $2h$  の点  $P$  に質量  $m$  の小球  $A$  を置いて静かにはなすと、小球  $A$  は曲面と水平面をすべり、小球  $B$  に衝突した直後に静止し、小球  $B$  は点  $Q$  から水平右向きにある速さで飛び出し、点  $R$  で床面と 1 回目の衝突をした。ただし、重力加速度の大きさを  $g$  とし、小球  $B$  と床面との間の反発係数（はねかえり係数）を  $\frac{1}{2}$  とする。また、小球  $A$ 、 $B$  の運動は同一鉛直面内で行われるものとする。



- (1) 小球  $B$  が点  $Q$  から飛び出した瞬間の速さを、 $g$ 、 $h$  を用いて表せ。また、小球  $A$  と小球  $B$  の間の反発係数はいくらか。

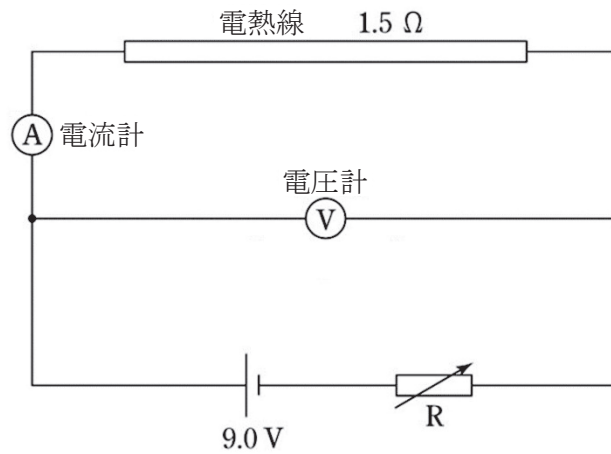
令和3年度 システム工学群 総合型選抜

物 理  $\frac{4}{6}$

- (2) 小球 B が点 Q で飛び出してから点 R に落下するまでの時間  $t_1$  と、点 Q から点 R までの水平距離  $x_1$  を、それぞれ  $g$ ,  $h$  のうちから必要なものを用いて表せ。
- (3) 点 R で床面と 1 回目の衝突をした直後の小球 B の速度の鉛直成分の大きさ  $v_{1y}$  と、1 回目の衝突後に小球 B が達する床面からの最高点の高さ  $h_1$  を、それぞれ  $g$ ,  $h$  のうちから必要なものを用いて表せ。
- (4) 小球 B は何度も床面と衝突した後、床面を一定の速さですべるようになった。はじめに小球 A, B がそれぞれ点 P, Q で静止していた状態から、最終的に小球 B が床面上を一定の速さですべるようになるまでに、小球 A, B が失った力学的エネルギーの和はいくらか。 $g$ ,  $h$ ,  $m$  を用いて表せ。

問3

図のように，起電力が  $9.0 \text{ V}$  で内部抵抗が無視できる電池に抵抗値が  $1.5 \text{ } \Omega$  で太さが一様な円柱形の電熱線と可変抵抗  $R$  を接続し，電熱線を通る電流  $I \text{ [A]}$  と電熱線に加わる電圧  $V \text{ [V]}$  をそれぞれ電流計と電圧計で測定した。ただし，電流計の内部抵抗は無視でき，電圧計の内部抵抗は十分に大きくて電圧計に流れる電流は無視できるものとする。また，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。



(1) 可変抵抗の抵抗値  $R \text{ [}\Omega\text{]}$  をある値にすると， $V=3.0 \text{ V}$  になった。このとき，電熱線に流れている電流  $I \text{ [A]}$  と，可変抵抗  $R$  の抵抗値  $R \text{ [}\Omega\text{]}$  をそれぞれ求めよ。

(2) 電熱線の断面積は  $0.80 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ ，長さは  $1.0 \text{ m}$  であった。この電熱線の抵抗率は何  $\Omega \cdot \text{m}$  か。

令和3年度 システム工学群 総合型選抜

物 理  $\frac{6}{6}$

- (3) 可変抵抗  $R$  の抵抗値  $R$  [ $\Omega$ ] を  $0 \Omega$  から  $3.0 \Omega$  まで変化させて電熱線に加わる電圧  $V$  [V] と電熱線に流れる電流  $I$  [A] を測定した。この間の  $I$  と  $V$  の関係をグラフに示せ。ただし、横軸を電流  $I$ 、縦軸を電圧  $V$  とする。
- (4) 断熱された熱容量  $80 \text{ J/K}$  の容器に質量  $100 \text{ g}$  の水を入れると全体の温度は  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  になった。この水の中に抵抗値  $1.5 \Omega$  の電熱線を沈め、 $10 \text{ A}$  の電流を流した。このときの電熱線での消費電力は何  $\text{W}$  か。また、全体の温度が  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  になるのは電流を流し始めてから何  $\text{s}$  後か。ただし、水の比熱を  $4.2 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$  とし、電熱線で発生した熱はすべて水と容器の温度上昇に使われるものとする。また、電熱線の熱容量や水の蒸発は無視できるものとする。