

- 1 図1のように、摩擦のない水平面 PQ 上に、大きさの無視できる質量  $m$  [kg] の小物体が置かれている。摩擦のない水平面 RS 上には、質量  $M$  [kg] の台が垂直面 QR に接して置かれていて、台の上面が水平面 PQ と同一平面になっている。水平面 PQ 上にはばね 1 が、水平面 RS 上にはばね 2 が、一端を壁に固定されて置かれている。ばね 1, ばね 2 ともにばね定数は  $k$  [N/m] とし、質量は無視できるとする。また、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

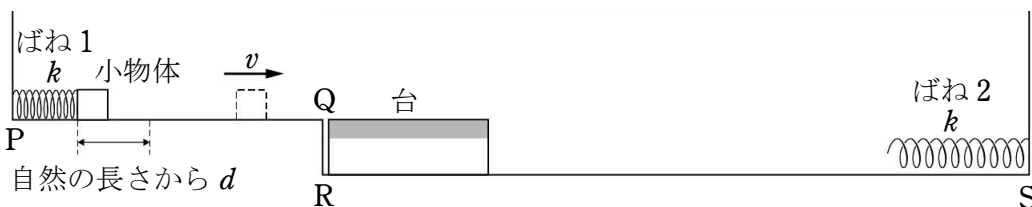


図 1

まず、小物体をばね 1 の固定されていない端に接触させ、自然の長さから  $d$  [m] 縮めて静かに手をはなした。ばねが自然の長さにもどったところで、小物体はばね 1 から離れ、水平面 PQ 上を右向きに一定の速さ  $v$  [m/s] で運動した。

(1)  $v$  を  $m, k, d$  を用いて表せ。

その後、図 2 のように、小物体は速さ  $v$  で台に乗り移り、それと同時に台も動き始めた。小物体が台上を  $T$  [s] 間、台に対して  $s$  [m] すべった後、小物体と台は一体となって水平面 RS 上を右向きに一定の速さ  $V$  [m/s] で運動した。小物体と台の間には摩擦力がはたらくとし、動摩擦係数を  $\mu'$  とする。

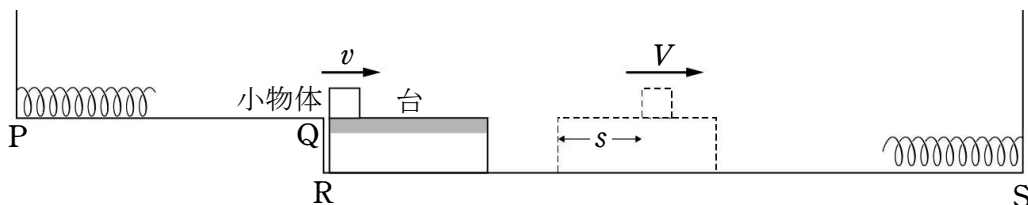


図 2

(2) 小物体が台上をすべっている間の小物体と台の水平方向の運動方程式は、水平面 RS に対する小物体の加速度を  $a$  [m/s<sup>2</sup>]、台の加速度を  $a'$  [m/s<sup>2</sup>] とすると、それぞれ、

$$ma = \boxed{\text{ア}}$$

$$Ma' = \boxed{\text{イ}}$$

と書ける。 $\boxed{\text{ア}}$ 、 $\boxed{\text{イ}}$  に入る適切な式を、 $m, M, g, \mu'$  の中から必要なものを用いて表せ。ただし、図の右向きを正の向きとする。

(3)  $T$  を  $v, m, M, g, \mu'$  を用いて表せ。また、 $V$  を  $v, m, M$  を用いて表せ。

(4) 小物体が水平面 PQ 上を速さ  $v$  で運動しているときから、小物体と台が一体となって速さ  $V$  で運動するまでに、小物体と台の全力学的エネルギーは  $\Delta E$  [J] だけ減少した。 $\Delta E$  を  $v, m, M$  を用いて表せ。

(5) (4)の失われた力学的エネルギー  $\Delta E$  は、小物体が台上をすべっている間に動摩擦力が行った仕事の大きさに等しい。 $s$  を  $\Delta E$ ,  $m$ ,  $g$ ,  $\mu'$  を用いて表せ。

最後に、図3のように、台は小物体を乗せたまま、速さ  $V$  でばね2の固定されていない端に当たった。台が当たる前のばね2は自然の長さであった。その後、ばね2は自然の長さから最大  $d'$  [m] 縮み、この間、小物体は台上をすべらなかった。ここでは、ばね2が自然の長さから  $d'$  縮むまでの運動を考える。なお、小物体と台の間の静摩擦係数を  $\mu$  とする。



図3

(6) ばね2が自然の長さから  $x$  [m] だけ縮んだとき、小物体と台の間にはたらく静摩擦力の大きさは何  $N$  か。 $m$ ,  $M$ ,  $k$ ,  $x$  を用いて表せ。

(7) ばね2が  $d'$  縮むまでの間、小物体が台上をすべらないためには、出発時のばね1の縮み量  $d$  を何  $m$  以下にしなければならないか。 $m$ ,  $M$ ,  $k$ ,  $g$ ,  $\mu$  を用いて表せ。