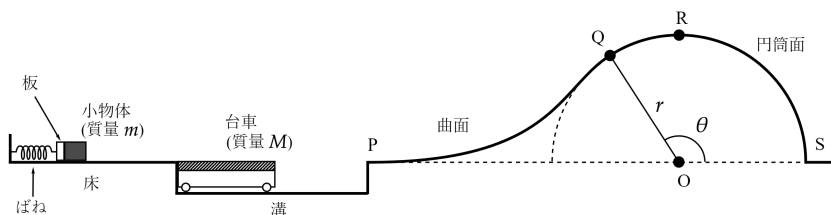


図1のように、ばねによって発射される小物体の運動を考える．小物体の質量は  $m$  であり，大きさが無視できる．ばねは，一端が固定されて，他端に板が取り付けられている．ばねはフックの法則に従い，ばね定数を  $k$  とする．空気抵抗，ばねおよび板の質量は無視できるものとする．重力は鉛直下向きにはたらく，重力加速度の大きさを  $g$  とする．すべての運動は，図1に示す鉛直平面内で起こるものとする．以下の設問に答えよ．計算欄には，答に至るまでの過程の要点（法則，関係式，論理，計算など）を書け．



ばねが自然長から  $d$  だけ縮むように小物体を押し，静かに放した．小物体は，板から離れて，水平な床を右向きに速さ  $v_0$  で運動した．床と小物体との間の摩擦は無視できるものとする．

**問1** 速さ  $v_0$  を， $m, d, g, k$  の中から適切なものを用いて表せ．

床の右側には水平な溝が掘ってある．この溝の左端に，質量  $M$  の台車が静止している．台車の上面は水平であり．床と同じ高さにある．

小物体が床から台車に乗り移った後，小物体と台車はいずれも右向きに運動した．台車に乗り移った直後の小物体の速さは  $v_0$  であった．台車の上面と小物体の間には，摩擦があり，その動摩擦係数を  $\mu'$  とする．台車の右端と小物体は，同時に同じ速さ  $v_1$  で溝の右端に到達した．台車と溝との間の摩擦は無視できるものとする．

**問2** 小物体が台車上を運動しているとき，小物体と台車の加速度（右方向を正）を，それぞれ  $a, A$  とする．

小物体と台車の水平方向の運動方程式を，それぞれ  $m, M, v_0, a, A, g, \mu'$  の中から適切なものを用いて記せ．

**問3** 速さ  $v_1$  を， $m, M, v_0, g, \mu'$  の中から適切なものを用いて表せ．

曲面 PQ がなめらかに円筒面 QS につながっている．円筒面 QS の中心は O，その半径は  $r$  である．円筒の軸は，小物体が運動する鉛直平面に垂直である．P, O, S の各点は，床と同じ高さにある．円筒面 QS の最高点を R とする． $\angle QOS = \theta$  ( $\theta > 90^\circ$ ) とする．

小物体は，台車から曲面に乗り移り，曲面および円筒面から離れずに R に到達した．Q を通過した直後の円筒面上での小物体の速さを  $v_2$  とし，このときの円筒面からの垂直抗力の大きさを  $N$  とする．R での小

物体の速さを  $v_2$  とする．曲面および円筒面と小物体の間の摩擦は無視できるものとする．

**問 4** 速さ  $v_2$  を,  $m, M, r, \theta, v_2, g$  の中から適切なものを用いて表せ．

**問 5** 垂直抗力の大きさ  $N$  を,  $m, M, r, \theta, v_2, g$  の中から適切なものを用いて表せ．

**問 6** 小物体が, 円筒面から離れずに, 最高点 R に到達するための速さ  $v_2$  の条件を  $m, M, r, \theta, g$  の中から適切なものを用いて表せ．