

〔 I 〕 図 1 のように、半径 r の円筒面が水平面 A に滑らかに接続するよう配置されている。円筒面上の、水平面 A から高さ r の位置で、質量 m の小球を静かに放す。小球は円筒面上を滑り落ち、水平面 A 上を運動した後、落下して水平板と衝突する。水平面 B から水平面 A の高さは h とする。また水平板は、バネ定数 k のバネに繋がっており、初めは右側の水平面 B と同じ高さで、釣り合いの位置で静止している。水平板の水平方向の長さは L 、質量は $5m$ である。このとき以下の問いに答えよ。ただし、以下では、小球は紙面内のみを運動するものとし、水平板は、水平を保ち鉛直方向のみに運動する。小球、円筒面、水平面 A、B、水平板のそれぞれの間に摩擦はなく、空気抵抗も無視できるとする。小球と水平板の衝突は弾性衝突とし、バネの質量は無視できるとする。また、重力加速度の大きさを g とする。

問 1 図 1 のように小球と円筒の中心点を結ぶ線が、水平面と角 θ のとき（ただし $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ）、小球の速さを m, r, θ, g の中から必要なものを用いて表せ。また、導き方も記せ。

問 2 問 1 のとき、小球に円筒面から働く垂直抗力の大きさを m, r, θ, g の中から必要なものを用いて表せ。また、導き方も記せ。

水平面 A 上での小球の速さを v_0 とする。鉛直下向きを正とし、水平方向は右向きを正とし、以下の問いに答えよ。

問 3 小球が最初に水平板に衝突する直前の水平方向の速度 v_x と鉛直方向の速度 v_y を m, g, h, v_0 の中から必要なものを用いて表せ。また、導き方も記せ。

問 4 小球が水平板を飛び越えず初めに水平板に衝突するための v_0 に対する条件を h, g, L を用いて表せ。また、導き方も記せ。

問 5 小球が最初に水平板に衝突した直後の小球の鉛直方向の速度 v_y を求めよ。このときの水平板の速度 V も合わせて答えよ。ただし、 v_y を用いて答えよ。また、導き方も記せ。

問 6 小球が最初に水平板に衝突した後、水平板が最も下がったとき、最初の位置からの距離を m , k , v_y を用いて表せ。ただし、小球と水平板との衝突は、最初の1回のみとする。また、導き方も記せ。

問 7 小球が最初に水平板に衝突した後、次に水平面 B に衝突するために v_0 はある値を超えなければならない。この値を h , g , L を用いて表せ。ただし、水平面 B は十分に長いとする。また、水平板が水平面 B と異なる高さのとき小球は水平板と衝突しないとし、そのための条件は解答に含めなくて良い。

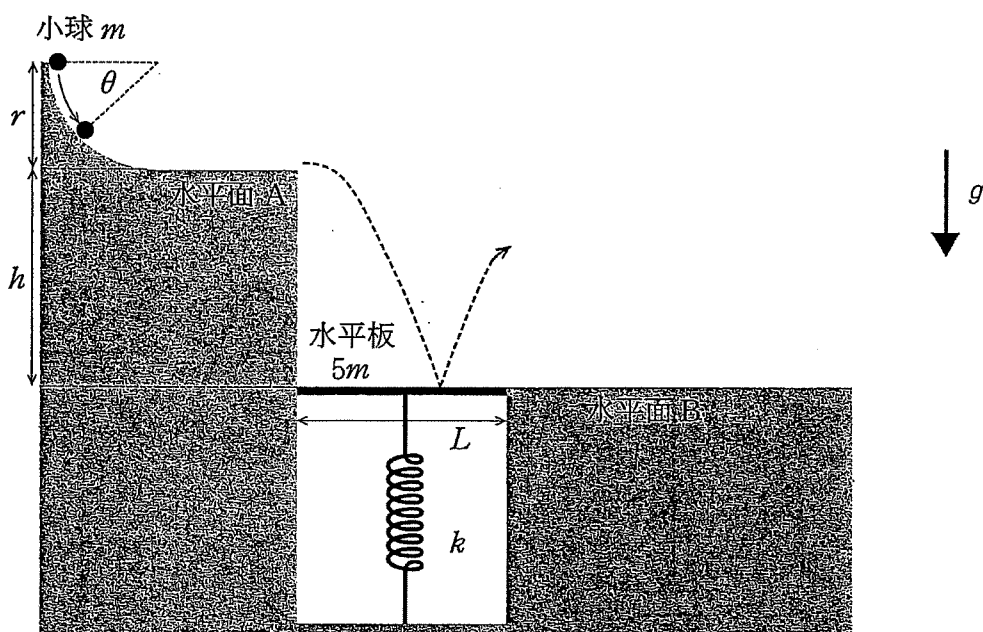


図 1