

## Условие

### Задача 1. Вниз по ступенькам

В данной задаче вам предлагается рассмотреть движение вниз по ступенькам в различных вариантах. В скобках в пунктах задачи указаны величины, через которые необходимо выразить ответ. Ускорение свободного падения —  $g$ .

#### Часть А. Абсолютное скольжение

##### 1. Две ступеньки

Шайба, размером которой можно пренебречь, скользит по гладкой горизонтальной поверхности с некоторой скоростью. На пути шайбы на расстоянии  $l$  друг от друга находятся две ступеньки высотой  $h$  (рис. 1). Будем считать, что соударения с шайбы с поверхностью неупругие в том смысле, что при столкновении «зануляется» вертикальная составляющая скорости, а горизонтальная сохраняется.

Рисунок 1 – Шайба и две ступеньки высотой  $h$

Если начальная скорость шайбы будет больше некоторого критического значения  $v_{кр}$ , шайба перелетит одну ступеньку и ударится в ее край.

**A1.1.** Найдите  $v_{кр}$  ( $l, h, g$ ).

Далее будем рассматривать случаи  $v_{кр+}$  и  $v_{кр-}$ , когда начальная скорость шайбы больше или меньше критической соответственно, однако мало отличается от нее. Значения  $v_{кр+}$  и  $v_{кр-}$  считаем приближенно равными.

**A1.2.** В каком из случаев,  $v_{кр+}$  или  $v_{кр-}$ , время достижения некоторой точки  $\Phi$  за ступеньками (рис. 1) будет меньше?

**A1.3.** В каком из случаев,  $v_{кр+}$  или  $v_{кр-}$ , потери механической энергии по достижении точки  $\Phi$  будут меньше?

##### 2. Бесконечная лестница.

Теперь предположим, что ступенек высотой  $h$  на расстоянии  $l$  друг от друга бесконечно много. Если посмотреть на них сбоку с большого расстояния, то будет казаться, что вся лестница представляет собой сплошную наклонную плоскость, а скачущая шайба казаться просто скользящей по ней.

**A2.1.** Считая, что изначально шайбу запустили со скоростью  $v_{кр-}$ , найдите скорость ее кажущегося скольжения по такой наклонной плоскости  $v_{накл}$  ( $h, l, g$ ).

#### Часть В. Трение скольжения

Снова рассмотрим случай двух ступенек из части A1. Пусть теперь присутствует сухое трение скольжения, одинаковое на всех поверхностях. Коэффициент трения скольжения равен  $\mu$ . Будем считать трение небольшим настолько, что во всех рассматриваемых случаях шайба достигает точки  $\Phi$  (рис. 1).

**B1.1** Пусть шайбу запустили со скоростью  $v_B < v_{кр}$  с края первой ступеньки. Считая, что время соударения очень мало, определите скорость шайбы сразу после первого неупругого соударения  $v'_B$  ( $v_B, \mu, g, h$ ).

**B1.2** В каком из случаев,  $v_{кр+}$  или  $v_{кр-}$ , потери механической энергии будут меньше?