

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 $v_{\text{кр}}$, шайба перелетит одну ступеньку и ударится в ее край.

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

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

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

A1.3. В каком из случаев, $v_{\text{кр}+}$ или $v_{\text{кр}-}$, потери механической энергии по достижении точки Φ 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 $v_{\text{кр}-}$, найдите скорость ее кажущегося скольжения по такой наклонной плоскости $v_{\text{накл}}$ (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 μ .

Будем считать трение небольшим настолько, что во всех рассматриваемых случаях шайба достигает точки Φ (рис. 1).

В1.1 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, μ, g, h).

В1.2 В каком из случаев, $v_{кр+}$ или $v_{кр-}$, потери механической энергии будут меньше?