

ЗАДАНИЕ ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ
ФИЗИКА, ИНФОРМАТИКА, МАТЕМАТИКА

ВАРИАНТ 42101 для 10 класса

Организаторы массовых лыжных соревнований «Гони в пургу!» устраивают в опасных местах снежные ограждения для улавливания слетающих с трассы участников. Попробуем свои силы в проектировании таких конструкций и смоделируем их работу - рассмотрим динамику участника с номером «2021», который не удержался на трассе и движется сквозь снежную ограду.

Для упрощения расчетов пренебрежем размерами участника, а снежную ограду представим как однородный слой мягкого снега толщины L . Будем предполагать, что участник имеет массу $m = 60$ кг, движется горизонтально и входит в снег с начальной скоростью $v_0 = 10$ м/с. Сила сопротивления при движении сквозь снег складывается из силы сухого трения, пропорциональной силе реакции опоры ($F_C = \mu N$), и силы вязкого трения, пропорциональной квадрату скорости ($F_B = \beta v^2$). Обе силы противоположны направлению движения. Коэффициент сухого трения примем равным $\mu = 0,2$ (ускорение свободного падения $g = 9,81$ м/с²), а коэффициент вязкого трения $\beta = 3,0$ кг/м.

Чтобы иметь возможность рассчитать параметры движения, перейдем к «дискретному времени» и будем рассматривать только моменты t_0 , $t_0 + \Delta t$, $t_0 + 2\Delta t$ и так далее. Дополнительно будем предполагать, что в течение каждого интервала времени Δt силы, действующие на движущееся тело, не изменяются. Тогда можно рассчитать ускорение и перемещение тела за рассматриваемый интервал, а также новую скорость тела к началу следующего интервала той же длительности. Такие действия следует повторять до тех пор, пока движение не прекратится. Точность расчета зависит от выбранного значения шага дискретизации Δt , поэтому на практике, как правило, делают серию расчетов с уменьшающимся временным шагом.

Для начального расчета возьмем $\Delta t = 0,1$ с. Координатную ось направим горизонтально вдоль линии движения, за начало отсчета выберем точку влечения в снежную стенку.

1. Найдите скорость и положение участника через время Δt и $2\Delta t$ после начала движения сквозь снег. Результат округлите до сантиметров.

2. При заданном выше значении Δt найдите длину пути S , пройденного в снегу. Определите, достаточно ли толщины $L = 10$ м для полного торможения участника.

3. Уменьшив величину Δt вдвое, снова найдите длину пути \tilde{S} . Считая новую величину \tilde{S} более точной, а величину $|S - \tilde{S}|$ принимая за ее погрешность, запишите окончательный результат.

4. Продолжая уменьшать значение Δt (каждый раз вдвое), и контролируя точность (как описано в п. 3), найдите длину пройденного в снегу пути с точностью 0,01 м. Укажите (с той же точностью) минимально необходимую для полного торможения участника толщину снежной ограды.