

ЗАДАНИЕ ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ  
ФИЗИКА, ИНФОРМАТИКА, МАТЕМАТИКА

ВАРИАНТ 42111 для 11 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/с<sup>2</sup>), 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  $\Delta t$  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  $\Delta t$ , 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  $\Delta t$  и  $2\Delta t$  после начала движения сквозь снег. Результат округлите до сантиметров.

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

3. Уменьшив величину  $\Delta t$  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  $\Delta t$  (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  $L$ , а также время (с точностью до миллисекунды) прохождения  $T$  сквозь нее.