

Дробь Мюнхгаузена

Условие

Задание 2. «Дробь Мюнхгаузена»

Согласно дошедшим до наших дней абсолютно правдивым рассказам барона, в старину для производства охотничьей дроби расплавленный свинец капали с высоких башен. Во время полета капля принимала сферическую форму под действием сил поверхностного натяжения и успевала остыть до температуры кристаллизации. Таким образом, на землю «с неба» (в буквальном смысле этого слова) сыпалась «готовая продукция»...

Надежное производство мелкой дроби радиусом $r_0 = 1,0$ мм обеспечивалось при минимальной высоте башни $h_1 = 50$ м. При меньших высотах капли свинца не успевали отвердевать.

Во время войны с «крупным неприятелем» барону потребовалось наладить производство крупной дроби радиусом $r_1 = 2,0$ мм.

****При какой минимальной высоте новой башни H это возможно?***

Считайте, что капли жидкого свинца капаят с башни при температуре плавления, а падают на землю полностью отвердевшими.

Решите эту задачу в двух случаях.

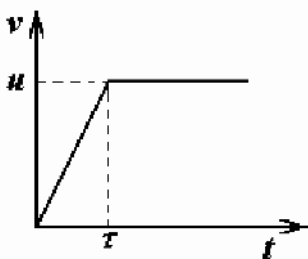
2.1 Пренебрегая силой сопротивления воздуха.

2.2 С учетом силы сопротивления воздуха.

Этот случай гораздо сложнее, поэтому немного вам поможем.

Описание падения тела с учетом сопротивления воздуха представляет собой достаточно сложную задачу: тело начинает двигаться с ускорением свободного падения; его скорость растет, а ускорение уменьшается; наконец, скорость тела достигает своего максимального значения, и далее тело движется равномерно с этой скоростью.

С хорошей точностью такое движение можно рассматривать как совокупность равноускоренного движения (с ускорением свободного падения), а по достижении скорости установившегося движения – движения равномерного. На рисунке показана предлагаемая зависимость скорости от времени.



Наконец, еще несколько «подсказок». 1. Количество теплоты Q , полученное (отданное) телом с площадью поверхности S за промежуток времени Δt :

$$Q = \alpha(T - T_0)S\Delta t,$$

где $(T - T_0)$ — разность температур тела и окружающей среды, α — коэффициент теплоотдачи, зависящий только от физических свойств контактирующих материалов.

2. Сила сопротивления воздуха зависит от скорости движения тела v и описывается формулой

$$F_{\text{сопр.}} = C_x \frac{1}{2} \rho_0 v^2 S_x,$$

где S_x — площадь поперечного сечения тела, ρ_0 — плотность воздуха, C_x — безразмерный коэффициент лобового сопротивления, для тел сферической формы $C_x \approx 0,60$.

3. Объем шара радиуса r равен $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, площадь его поверхности $S = 4\pi r^2$.
4. Плотность воздуха $\rho_0 = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, плотность свинца $\rho_1 = 11 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.