Задание 1. «Сосуд Мюнхгаузена»

Согласно рассказам небезызвестного барона, он в трудную минуту смог поднять себя вместе с лошадью из трясины, дабы спастись от неминуемой гибели. «Правдивость» описанного физического явления мы обсудим попозже, а пока рассмотрим т.н. «сосуд Мюнхгаузена», который вполне может поднять «сам себя» при определенных условиях…

Сосуд без дна, изображенный на рис. 1, состоит из двух вертикальных соосных цилиндров радиусами $R = 10\,\text{см}$ и $r = 5{,}0\,\text{см}$, нижний из которых имеет высоту $h = 8{,}0\,\text{см}$. Если сосуд поставить на гладко пригнанную горизонтальную поверхность, и аккуратно налить в него немного воды, то жидкость не будет выливаться из-под него вследствие отсутствия «щелей». Однако при дальнейшем доливании воды оказалось, что после достижении уровня $H = 15\,\text{см}$ жидкость начинает приподнимать сосуд и вытекать из-под него. Вычислите по этим данным массу m сосуда Мюнхгаузена. Плотность воды — $\rho = 1{,}0 \cdot 10^3\ \dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

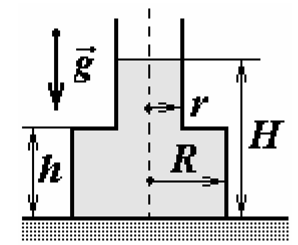


Рис. 1

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 $r_0 = 1{,}0\,\text{мм}$ обеспечивалось при минимальной высоте башни $h_1 = 50\,\text{м}$. При меньших высотах капли свинца не успевали отвердевать.

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

При какой минимальной высоте новой башни H это возможно?

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

Решите эту задачу в двух случаях.

2.1 Пренебрегая силой сопротивления воздуха.

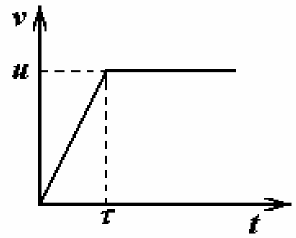
2.2 С учетом силы сопротивления воздуха.

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

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

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 $\rho_0 = 1{,}2 \frac{кг}{м^3}$, плотность свинца $\rho_1 = 11 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}$.

<u>Задание 3. «Храбрый Мюнхгаузен»</u>

Согласно не дошедшим до наших дней военным рассказам широко известного барона, в одной из битв с крупным неприятелем он совершил подвиг, стащив из-под его крупного носа несколько ящиков с крупной дробью... В своих скромных рассказах барон уверял, что ему помогло прекрасное знание механики и мастерское умение передвигаться ползком, подобно черепахе…

На горизонтальной поверхности расположены $N = 3$ одинаковых груза (ящика) массой $m = 1{,}0$ кг каждый, соединенные легкими горизонтальными пружинами с коэффициентом упругости $k = 100 \frac{Н}{м}$ каждая (рис. 2). Расстояние между ящиками равно длине недеформированной пружины. К правому грузу прикладывают горизонтальную силу, достаточно медленно нарастающую со

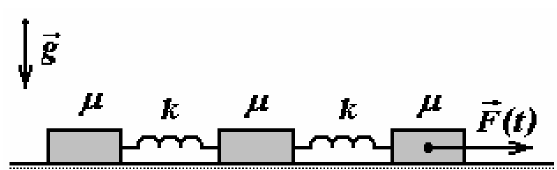


Рис. 2