

После простых преобразований получим

$$\frac{\Delta u}{\Delta t} = u^2 \frac{\sin^2 \alpha}{L \cos \alpha} = v_0^2 \frac{\sin^2 \alpha}{L \cos^3 \alpha}.$$

Дальше уже совсем просто. Запишем уравнение второго закона Ньютона для бусинки:

$$T \cos \alpha = M \frac{\Delta u}{\Delta t} = M v_0^2 \frac{\sin^2 \alpha}{L \cos^3 \alpha},$$

откуда найдем искомую силу  $T$ :

$$T = M v_0^2 \frac{\sin^2 \alpha}{L \cos^4 \alpha}.$$

А.Зильберман

**Ф1705.** В показанной на рисунке 1 системе трение есть между большим телом и горизонтальной поверхностью стола, а также между большим телом и верхним грузом. Обозначим коэффициент трения наверху  $\mu_1$ , а внизу

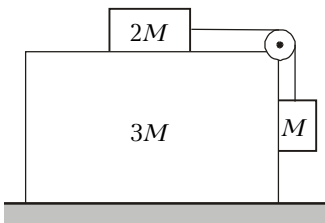


Рис.1

$\mu_2$ . При каких значениях коэффициентов трения большое тело может оставаться неподвижным?

Если коэффициент трения наверху достаточно велик, чтобы при неподвижном теле массой  $3M$  грузы не двигались, то при любом значении коэффициента

трения внизу большое тело проскальзывать не будет. Для этого нужно, чтобы

$$2Mg\mu_1 \geq Mg, \text{ или } \mu_1 \geq 0,5.$$

В этом случае при любом коэффициенте трения внизу  $\mu_2$  большое тело будет оставаться неподвижным.

Рассмотрим теперь ситуацию, при которой грузы массы  $M$  и  $2M$  могут двигаться, а большое тело остается неподвижным (рис.2; здесь показаны силы, действующие только на большое тело). В этом случае силу натяжения нити найти легко:

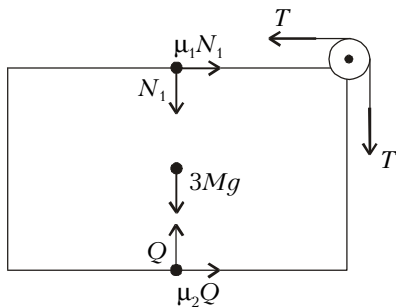


Рис.2

$$T = \frac{2Mg(1 + \mu_1)}{3}.$$

Тогда для движения

большого тела по горизонтали при минимальном значении коэффициента трения  $\mu_2$  запишем

$$2Mg\mu_1 - T = (5Mg + T)\mu_2,$$

откуда после простых преобразований получим соотношение

$$\mu_2 \geq \frac{2 - 4\mu_1}{17 + 2\mu_1}.$$

Р.Александров

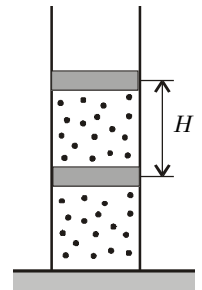
**Ф1706.** В тонкостенный стакан налили 200 г воды и при помощи опущенного в воду нагревателя постоянной мощности 50 Вт стараются вскипятить воду. Ничего не получается – вода никак не нагревается выше 60 °С. Выключим

нагреватель и накроем стакан листком бумаги – вода при этом остынет от 60 °С до 59 °С за 20 секунд. Если бы мы не накрывали стакан листком бумаги, а вместо этого поставили его на теплоизолирующую пробковую подставку, то вода в стакане остыла бы от 60 °С до 59 °С за 30 секунд. Повторим теперь нагревание, но стакан установим на подставку и накроем его листком бумаги. Сколько времени займет в этом случае нагрев воды от 59 °С до 60 °С?

Из условия задачи ясно, что при температуре 60 °С потери тепловой мощности в окружающее пространство достигают 50 Вт. Основные причины ухода тепла – испарение, теплопередача через дно стакана и через его боковую поверхность. При помощи листка бумаги мы снижаем потери на испарение, а пробковая подставка убирает теплопередачу через дно стакана. Остывая на 1 градус за 20 секунд в первом случае, наша порция воды отдает в окружающую среду  $\frac{4200 \cdot 0,2 \cdot 1}{20}$  Вт = 42 Вт, значит, потери на испарение составляют 8 Вт. При остывании с подставкой за 30 секунд стакан отдает мощность 28 Вт, значит, потери тепла через дно подставка уменьшает на 22 Вт. Оба приспособления вместе снизят отдаваемую мощность на 30 Вт; следовательно, эти 30 из 50 Вт будут идти на нагревание воды. На 1 градус при этих условиях вода нагреется за  $840/30$  с = 28 с. При решении задачи мы считали, что мощность потерь в диапазоне 59–60 градусов практически постоянна.

А.Простов

**Ф1707.** Вертикальный цилиндрический сосуд содержит две порции газа, отделенные друг от друга и от окружающего пространства двумя одинаковыми массивными поршнями массой  $M$  каждый (см. рисунок). В верхней части сосуда находится кислород, в нижней – гелий. Вначале объемы порций одинаковы и расстояние между поршнями составляет  $H$ . Нижнюю часть газа медленно нагревают. Какое количество теплоты нужно сообщить гелию в нижней части сосуда, чтобы увеличить его объем в два раза? Каким станет расстояние между поршнями через большой интервал времени – когда температуры порций газа снова сравняются? Теплоемкостью стенок и поршней пренебречь. Снаружи воздух откачан, теплоотдача в окружающее пространство пренебрежимо мала. Теплопроводность поршня, разделяющего порции газа, достаточно мала – за время нагрева тепло в верхнюю полость практически не поступает.



По условию задачи поршни массивные, и мы будем пренебрегать массой газа по сравнению с массой поршня (все равно масса газа в условии задачи не задана). При нагревании нижняя порция газа расширяется при неизменном давлении  $p = 2Mg/S$ , где  $S$  – площадь сечения сосуда. Начальные температуры порций газа одинаковы, давление внизу вдвое больше – получается, что в нижней части сосуда количество газа вдвое больше, чем в верхней. Количество теплоты, которое необходимо сообщить гелию, будет равно

$$\begin{aligned} Q &= \nu C_p (T_2 - T_1) = \nu \cdot 2,5R (T_2 - T_1) = \\ &= 2,5p(2V - V) = 2,5 \frac{2Mg}{S} SH = 5MgH. \end{aligned}$$