упругости начнет возрастать, в некоторой точке $F_{упр.}$ превысит разность $F - F_{тр.1}$, и ускорение изменит свой знак. Тело 1 еще некоторое время будет двигаться в положительном направлении и затем остановиться. Максимальная деформация пружины будет в момент остановки тела. Эту максимальную деформацию Δx_1 можно найти, воспользовавшись энергетическими соображениями: работа постоянной силы F числено равна изменению энергии пружины плюс работа силы трения. Кинетическая энергия тела в начальный и конечный моменты движения равна нулю.

$$F\Delta x_1 = \mu mg\Delta x_1 + \frac{k(\Delta x_1)^2}{2} \qquad (4)$$

или

$$F = \mu mg + \frac{k\Delta x_1}{2} \qquad (5)$$

Очевидно, что для ответа на поставленный в задаче вопрос следует положить в (5) $\Delta x_1 = \Delta x,$ определяемое (3). Окончательно получим

$$F = \mu mg + \frac{\mu mg}{2} = \frac{3}{2}\mu mg. \qquad (6)$$

Обратите внимание на два обстоятельства:

1. Искомая сила равна сумме силы трения, действующей на тело 1, и половине (!) силы трения, действующей на тело 2;

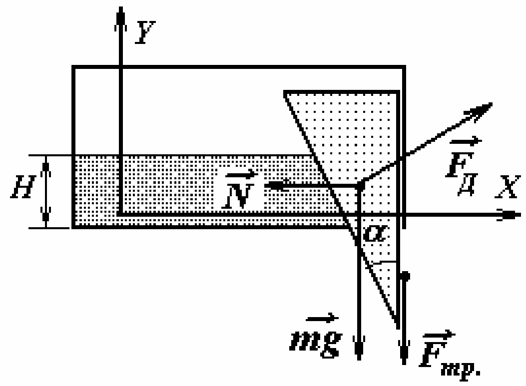
2. Ответ не зависит от величины жесткости пружины. Подумайте, как объяснить эти обстоятельства в том случае, когда жесткость пружины очень велика (скажем, вместо пружины металлический стержень).

Не объясняет ли данная задача старую бурлацкую песню “поддернем, поддернем, да ухнем!”?

9-3. Пусть в рассматриваемый момент уровень воды в аквариуме равен H. Тогда среднее давление жидкости на клин $P_{ср} = \frac{1}{2}\rho gH,$ соответственно средняя сила давления

$$F_Д = \frac{1}{2}\rho ghl\frac{h}{\cos\alpha}, \qquad (1)$$

где l — ширина клина. Сила $\vec{F}_Д$ стремится приподнять клин, а силы тяжести и трения препятствуют этому. Понятно, что если при некотором значении H клин все же будет приподнят, таким образом вода начнется выливаться из аквариума и клин опуститься.



Таким “автоколебательным” режимом и будет установлен возможный максимальный уровень жидкости в аквариуме.

Условие равновесия клина

$$m\vec{g} + \vec{F}_{тр} + \vec{F}_Д + \vec{N} = \vec{0}. \qquad (2)$$

Атмосферным давлением, обратите внимание, мы, записывая (2), пренебрегли. Подумайте самостоятельно, почему оно не вошло в значение $P_{ср}$. В проекциях на оси OX и OY

$$F_Д \cos\alpha = N, \qquad (3)$$

$$F_Д \sin\alpha = mg + F_{тр}. \qquad (4)$$

В предельном случае (клин начинает подниматься)

$$F_{тр} = \mu N = \mu F_Д \cos\alpha.$$

И из (3)-(4) следует:

$$F_Д = \frac{mg}{\sin\alpha - \mu\cos\alpha} = \frac{1}{2}\rho g \frac{l}{\cos\alpha} H^2,$$

откуда и получаем окончательный ответ

$$H = \sqrt{\frac{2mg}{\rho g l(tg\alpha - \mu)}}. \qquad (5)$$

Выясним, всегда ли справедлив ответ в форме (5). Подкоренное выражение не может быть отрицательным, поэтому сразу отмечаем, что (5) имеет смысл при $\mu < tg\alpha.$ Физически это означает, что клин может быть поднят только не при очень сильном трении. А как быть при $\mu \ge tg\alpha?$ Понятно, что в этом случае условие (4) будет выполнено при значении силы трения $F_{тр}$ меньше предельного (т. е. трением покоя). И воды, следовательно, можно наливать сколько угодно в аквариум — ее максимальный уровень уже будет определяться иными причинами (например, высотой стенок).

9-4. Для решения важно заметить, что не весь лед растаял. Таким образом, установившееся температура в системе $t_k = 0\,^oC$. Из уравнения теплового баланса:

$$cM\left(t_B - t_K\right) = \lambda m, \qquad (1)$$

где m — масса растаявшего льда, M — масса (начальная) воды. Учет изменения объема

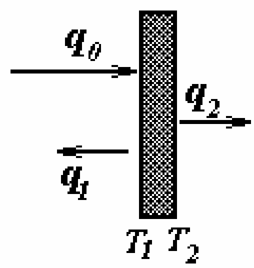
$$\frac{m}{\rho_Л} - \frac{m}{\rho_B} = bS; \quad \frac{M}{\rho_Л} + \frac{M}{\rho_B} = HS. \qquad (2)$$

Из (1), (2) получаем

$$t_B = \frac{\lambda\, B}{cH} \frac{\rho_B - \rho_Л}{\rho_B + \rho_Л} = 37{,}7\ {}^0C$$

9-5. В этой задаче необходимо использовать разумные предложения (которые, впрочем, формулируется в форме строгих физических законов).

Пусть освещенная сторона пластинки поглощает в единицу времени энергию q_0. В состоянии теплового равновесия эта энергия излучается в окружающую среду как с освещенной (q_1), так и с затемненной (q_2) стороны. Причем можно считать, что количество отданной теплоты пропорционально разности температур поверхности и окружающего воздуха.



Запишем условия теплового баланса

$$q_0 = q_1 + q_2 = a\left(T_1 - T_0\right) + a\left(T_2 - T_0\right), \qquad (1)$$

где a — некоторая постоянная в рамках нашей задачи величина. Количество теплоты q_2, излучаемое затемненной стороной, переноситься внутри пластины. Этот поток теплоты пропорционален скорости изменения температуры с расстоянием

$$q_2 = \kappa \frac{T_1 - T_2}{d} = a\left(T_2 - T_0\right), \qquad (2)$$