

## Теплообмен

ЗАДАЧА 1. («Росатом», 2012, 8–9)  $m_1 = 10$  г воды, имеющей температуру  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , смешивают с  $m_2 = 25$  г воды, имеющей температуру  $t_2 = 35^\circ\text{C}$ . Найти температуру смеси. Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

$$t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} = 27,5$$

ЗАДАЧА 2. («Физтех», 2015, 8) Перед купанием в большую пустую чугунную ванну было набрано  $V = 80$  л воды при температуре  $70^\circ\text{C}$  и столько же воды, имеющей комнатную температуру  $20^\circ\text{C}$ . После завершения теплообмена выяснилось, что температура в ванне установилась около  $40^\circ\text{C}$  и залезть в нее нельзя, так как очень горячо. Сколько ведер холодной воды с температурой  $20^\circ\text{C}$  придётся еще добавить, чтобы понизить температуру смеси до  $30^\circ\text{C}$ ? Объём ведра 10 л. Потерями в окружающую среду пренебречь. Ответ округлить до целых.

20

ЗАДАЧА 3. («Физтех», 2016, 8) Брусок, нагретый до  $90^\circ\text{C}$ , опустили в калориметр с водой. При этом температура воды повысилась с  $20^\circ\text{C}$  до  $40^\circ\text{C}$ . Какой станет температура воды в калориметре, если, не вынимая первого бруска, в неё опустить ещё один такой же брусок, нагретый до  $70^\circ\text{C}$ ? Потерями пренебречь. Ответ выразить в  $^\circ\text{C}$ , округлить до целых.

47

ЗАДАЧА 4. (МФО, 2010, 8) Король любит за завтраком пить кофе, имеющий температуру ровно  $50^\circ\text{C}$ . Хитрый слуга наливает в чашку 60 г кофе, имеющего температуру  $90^\circ\text{C}$ , ждёт, пока он остынет до некоторой температуры, затем добавляет в чашку 20 г воды, имеющей температуру  $20^\circ\text{C}$ , перемешивает содержимое чашки и сразу подаёт королю. Какую температуру имеет кофе в момент добавления в него воды? Удельные теплоёмкости воды и кофе считать одинаковыми.

60,09

ЗАДАЧА 5. (МФО, 2010, 8) В цилиндрический стакан налита вода до уровня  $h_0 = 10$  см при температуре  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . В стакан бросают алюминиевый шарик, вынутый из другого сосуда с водой, кипящей при температуре  $t_k = 100^\circ\text{C}$ . При этом уровень воды повышается на  $x = 1$  см. Какой будет установившаяся температура в стакане? Удельные теплоёмкости воды и алюминия  $c_{\text{в}} = 4200$  Дж/(кг ·  $^\circ\text{C}$ ) и  $c_{\text{а}} = 920$  Дж/(кг ·  $^\circ\text{C}$ ), плотности воды и алюминия  $\rho_{\text{в}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup> и  $\rho_{\text{а}} = 2700$  кг/м<sup>3</sup>.

$$t = \frac{c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} h_0 t_0 + c_{\text{а}} \rho_{\text{а}} x t_k}{c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} h_0 + c_{\text{а}} \rho_{\text{а}} x} = 9,6$$

ЗАДАЧА 6. (МФО, 2012, 8) Школьница Ирина взяла сосуд с холодной водой и поставила его на электроплитку. Проведя измерения, Ирина выяснила, что температура воды в сосуде увеличивается на  $1^\circ\text{C}$  каждые 20 с. Дождавшись, когда сосуд нагрелся до  $30^\circ\text{C}$ , Ирина сняла его с плитки и поместила в воду металлическую гирю, находившуюся в другом сосуде в тепловом равновесии со смесью воды и льда. Температура в сосуде с водой и гирей установилась равной  $25^\circ\text{C}$ . За какое время этот сосуд будет нагреваться на  $1^\circ\text{C}$ , если Ирина, не вынимая гирю, вновь поставит его на электроплитку? Потерями энергии пренебречь, вода из сосуда в данном процессе не выливалась.

За 24 с

ЗАДАЧА 7. (МФО, 2011, 8) Зимой на входе в систему отопления школьного здания вода имеет температуру  $t_1 = +60^\circ\text{C}$ . На выходе из этой системы вода имеет температуру  $t_2 = +40^\circ\text{C}$ . Тепловые потери здания школы вследствие теплопроводности стен, излучения и сквозняков составляют  $N = 10^6$  Вт. Трубы, подводящие и отводящие воду, имеют внутренний диаметр  $D = 100$  мм. С какой средней по сечению труб скоростью течёт в них вода? Удельная теплоёмкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°C), плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

$$c/\text{м}^3 \cdot \rho \cdot \Delta t \approx \frac{(t_1 - t_2) \pi D^2 \rho c v}{4N} = \Delta t$$

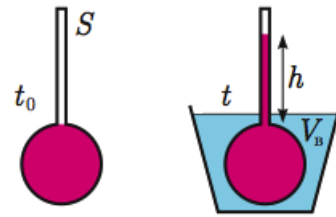
ЗАДАЧА 8. (Всеросс., 2010, регион, 8) В трёх одинаковых теплоизолированных сосудах находится одинаковое количество масла при комнатной температуре. Нагретый металлический цилиндр опустили в первый сосуд. После того как между цилиндром и маслом установилось тепловое равновесие, цилиндр перенесли во второй сосуд. После того как и там установилось равновесие, цилиндр перенесли в третий сосуд. На сколько градусов повысилась температура масла в третьем сосуде, если во втором она возросла на  $5^\circ\text{C}$ , а в первом — на  $20^\circ\text{C}$ ?

$$\Delta t_3 = \frac{t_2 \Delta t_1}{t_1 - \Delta t_1} = 5^\circ\text{C}$$

ЗАДАЧА 9. («Максвелл», 2014, 8) Теплоизолированный сосуд был до краёв наполнен водой при температуре  $t_0 = 19^\circ\text{C}$ . В середину этого сосуда быстро, но аккуратно опустили деталь, изготовленную из металла плотностью  $\rho_1 = 2700$  кг/м<sup>3</sup>, нагретую до температуры  $t_d = 99^\circ\text{C}$ , и закрыли крышкой. После установления теплового равновесия температура воды в сосуде стала равна  $t_x = 32,2^\circ\text{C}$ . Затем в этот же сосуд, наполненный до краёв водой при температуре  $t_0 = 19^\circ\text{C}$ , вновь быстро, но аккуратно опустили две такие же детали, нагретые до той же температуры  $t_d = 99^\circ\text{C}$ , и закрыли крышкой. В этом случае после установления в сосуде теплового равновесия температура воды равна  $t_y = 48,8^\circ\text{C}$ . Чему равна удельная теплоёмкость  $c_1$  металла, из которого изготовлены детали? Плотность воды  $\rho_0 = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Удельная теплоёмкость воды  $c_0 = 4200$  Дж/(кг·°C).

$$(c_0 \cdot \rho_0) / \rho_1 \approx \frac{(t_0 - t_x) \rho_0}{t_x - t_0} - \frac{(t_0 - t_x) \rho_0}{t_x - t_0} = \rho_0$$

ЗАДАЧА 10. («Максвелл», 2016, финал, 8) Экспериментатор Глюк собрал демонстрационный термометр. Для этого он взял стеклянную колбу с вставленной в неё тонкой трубкой, площадь поперечного сечения которой  $S = 25 \text{ мм}^2$  (см. рисунок). Колбу экспериментатор заполнил до самого верха подкрашенным спиртом, имеющим комнатную температуру  $t_0$ . После погружения в банку, в которой находился  $V_b = 1 \text{ л}$  тёплой воды, столбик спирта в трубке поднялся на  $h = 10 \text{ см}$ , а термометр показал температуру  $t_1 = 40^\circ\text{C}$ . Определите температуру воды в банке до погружения в неё термометра. Теплоёмкостью стекла, банки, а также потерями тепла в окружающую среду можно пренебречь. Теплоёмкость воды  $c_b = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ , спирта —  $c_c = 2400 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ , плотность воды  $\rho_b = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ , плотность спирта при температуре  $t_0$  равна  $\rho_c = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ .



**Указание:** в рассматриваемом диапазоне температур можно считать, что с ростом температуры  $t$  объём спирта  $V$  увеличивается по линейному закону  $V = V_0(1 + \beta(t - t_0))$ , где  $V_0$  — объём спирта при температуре  $t_0$ ,  $\beta = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  — температурный коэффициент объёмного расширения спирта.

$$c_b V_b (t - t_0) = c_c V_0 \beta (t - t_0) + \rho_c V_0 (t - t_0)$$