

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.

$$\boxed{20.08 = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} = t}$$

ЗАДАЧА 2. (Всеросс., 2017, МЭ, 8) В калориметре смешали десять порций воды. Первая порция имела массу $m = 1$ г и температуру $t = 1^\circ\text{C}$, вторая — массу $2m$ и температуру $2t$, третья — $3m$ и $3t$, и так далее, а десятая — массу $10m$ и температуру $10t$. Определите установившуюся температуру смеси. Потерями теплоты пренебречь.

$$\boxed{20.2 = 10 = 10t}$$

ЗАДАЧА 3. («Физтех», 2015, 8) Перед купанием в большую пустую чугунную ванну было набрано $V = 80$ л воды при температуре 70°C и столько же воды, имеющей комнатную температуру 20°C . После завершения теплообмена выяснилось, что температура в ванне установилась около 40°C и залезть в нее нельзя, так как очень горячо. Сколько вёдер холодной воды с температурой 20°C придётся еще добавить, чтобы понизить температуру смеси до 30°C ? Объем ведра 10 л. Потерями в окружающую среду пренебречь. Ответ округлить до целых.

20

ЗАДАЧА 4. («Физтех», 2016, 8) Брусочек, нагретый до 90°C , опустили в калориметр с водой. При этом температура воды повысилась с 20°C до 40°C . Какой станет температура воды в калориметре, если, не вынимая первого бруска, в неё опустить ещё один такой же брусочек, нагретый до 70°C ? Потерями пренебречь. Ответ выразить в $^\circ\text{C}$, округлить до целых.

47

ЗАДАЧА 5. (МОШ, 2010, 8) Король любит за завтраком пить кофе, имеющий температуру ровно 50°C . Хитрый слуга наливает в чашку 60 г кофе, имеющего температуру 90°C , ждёт, пока он остынет до некоторой температуры, затем добавляет в чашку 20 г воды, имеющей температуру 20°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.

20.09

ЗАДАЧА 6. (МОШ, 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/м³ и $\rho_{\text{а}} = 2700$ кг/м³.

$$\boxed{20.9 = \frac{0.04 \cdot 920 \cdot 100 + x \cdot 4200 \cdot 0}{0.04 \cdot 920 + x \cdot 4200} = t}$$

ЗАДАЧА 7. (МОШ, 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°C каждые 20 с. Дождавшись, когда сосуд нагрелся до 30°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°C . За какое время этот сосуд будет нагреваться на 1°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 8. (МОШ, 2018, 8) Хорошо проводящие тепло кубики A , B и V имеют начальные температуры 10°C , 100°C и 20°C соответственно. Кубики B и V одинаковые, т. е. они сделаны из одного материала и имеют одинаковые размеры. После приведения в контакт кубиков A и B они через некоторое время приобрели одинаковую температуру 18°C . Найдите установившуюся температуру всех тел, если кубик A многократно приводится в контакт то с телом B , то с телом V . Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

$54,4^\circ\text{C}$

ЗАДАЧА 9. («Росатом», 2017, 8) Имеется три стакана, содержащие массы m , $2m$ и $3m$ воды. В первом стакане вода холодная, во втором — горячая, в третьем — имеет некоторую промежуточную температуру. Из первого стакана берут ложку воды и переливают во второй, при этом температура воды во втором стакане уменьшается на величину Δt . Затем ложку воды из второго стакана переливают в третий, температура воды в третьем стакане возрастает на $\Delta t/2$. Затем ложку воды из третьего стакана переливают в первый. На сколько изменится при этом температура воды в первом стакане? Потерями тепла пренебречь.

$\Delta t/2$

ЗАДАЧА 10. (Всеросс., 2009, РЭ, 8) Экспериментатор Глюк создал «джоулеметр». Прибор состоял из алюминиевого стаканчика, частично заполненного водой. Стаканчик был обернут пенопластом (для исключения теплообмена с окружающей средой). Через небольшое отверстие в пенопластовой крышке Глюк опустил в стакан термометр, позволяющий измерять температуру в диапазоне от $+10^\circ\text{C}$ до $+90^\circ\text{C}$. Цена деления термометра 1°C . Масса стаканчика $m = 50$ г. Рядом со шкалой термометра Глюк поместил неподвижную шкалу с ценой деления в 1 кДж. Перед началом эксперимента он откалибровал «энергетическую» шкалу так, чтобы её ноль совпал с начальной температурой воды в «джоулеметре». Затем экспериментатор поместил в прибор испытуемое тело (горячее или холодное) и после установления теплового равновесия определил по энергетической шкале, сколько джоулей отдало (получило) тело в результате теплообмена с прибором.

1) Сколько воды было в приборе, если одному делению шкалы термометра соответствует одно деление шкалы «джоулеметра»?

2) В каком диапазоне можно измерять количество теплоты, отданное или полученное исследуемым телом, если начальная температура «джоулеметра» была $+20^\circ\text{C}$?

Удельная теплоёмкость алюминия $c = 920$ Дж/(кг · °C), удельная теплоёмкость воды $c_0 = 4200$ Дж/(кг · °C).

(1) 10^{-10} кДж/°C > ΔQ > 70 кДж/°C

ЗАДАЧА 11. (*Всеросс., 2010, РЭ, 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°C , а в первом — на 20°C ?

$$Q_{\text{мас}} = \frac{t_3 - t_1}{t_2 - t_1} = \varepsilon_1 \Delta t$$

ЗАДАЧА 12. (*МОШ, 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/м³.

$$Q_{\text{мас}} = \frac{(t_1 - t_2) \rho c D v}{N} = \Delta t$$

ЗАДАЧА 13. (*«Максвелл», 2017, финал, 8*) Для отопления комнаты по теплоизолированной трубе с площадью поперечного сечения $S_1 = 10$ см² подавалась горячая вода со скоростью $v_1 = 0,48$ м/с. При этом её температура на входе в батарею была равна $t_1 = 80^\circ\text{C}$, а на выходе — $t_2 = 78^\circ\text{C}$. Во время ремонта старую трубу заменили на новую с площадью поперечного сечения $S_2 = 8$ см².

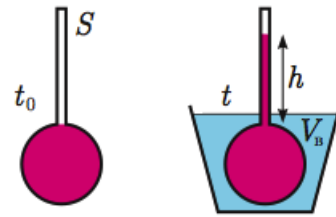
Определите мощность батареи до замены трубы. С какой скоростью v_2 должна двигаться по новой трубе вода, имеющая температуру $t_3 = 82^\circ\text{C}$ на входе в батарею, чтобы температура воздуха $t_0 = 22^\circ\text{C}$ в комнате осталась прежней? Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C).

$$P = S_1 \rho c (t_1 - t_2) v_1 = S_2 \rho c (t_3 - t_0) v_2 = 0,2 \text{ м}^2 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)} \cdot (80 - 78) \text{ °C} \cdot v_1 = 16800 \text{ Дж/с} \cdot v_1$$

ЗАДАЧА 14. (*«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/м³, 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/м³. Удельная теплоёмкость воды $c_0 = 4200$ Дж/(кг·°C).

$$c_1 = \frac{c_0 \rho_0 (t_y - t_0) - 2 c_0 \rho_0 (t_x - t_0)}{2 \rho_1 (t_d - t_x)}$$

ЗАДАЧА 15. («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.

$$C_0 \text{ и } \beta = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta t} + t_1 = x_7$$