

## Мощность теплопередачи

ЗАДАЧА 1. Литр воды остывает на  $5^\circ\text{C}$  за 5 минут. Найдите мощность теплоотдачи. Удельная теплоёмкость воды равна  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ .

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{cm\Delta T}{t}$$

ЗАДАЧА 2. («Росатом», 2014, 8–9) В сосуд с горячей водой массой  $m = 0,5 \text{ кг}$  опустили работающий нагреватель. В результате температура воды повысилась на  $\Delta T = 1^\circ\text{C}$  за время  $t_1 = 100 \text{ с}$ . Если бы воду не нагревали, то её температура понизилась бы на ту же величину  $\Delta T$  за время  $t_2 = 200 \text{ с}$ . Какова мощность нагревателя? Удельная теплоёмкость воды  $c = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ , теплоёмкостью сосуда пренебречь.

$$P = cm\Delta T \left( \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right)$$

ЗАДАЧА 3. Температура воздуха на улице равна  $4^\circ\text{C}$ . На улицу из помещения выносят два одинаковых стакана воды: первый — при температуре  $20^\circ\text{C}$ , второй — при температуре  $100^\circ\text{C}$ . Во сколько раз быстрее начнёт отдавать тепло второй стакан? Мощность теплоотдачи пропорциональна разности температур стакана и окружающей среды.

$$P \propto \Delta T$$

ЗАДАЧА 4. (МОШ, 2013, 8) Школьник Владислав исследует охлаждение воды в стакане на морозе. Владислав заметил, что охлаждение от температуры  $91^\circ\text{C}$  до  $89^\circ\text{C}$  происходит за 3 минуты, а от температуры  $31^\circ\text{C}$  до  $29^\circ\text{C}$  — за 6 минут. Чему равна температура окружающей среды? Считайте, что мощность теплоотдачи пропорциональна разности температур стакана и окружающей среды.

$$P \propto \Delta T$$

ЗАДАЧА 5. (МОШ, 1998, 8) Школьник утром вскипятил чайник и стал его остужать, чтобы успеть попить чай до ухода в школу. Он обнаружил, что температура чайника понизилась со  $100^\circ\text{C}$  до  $95^\circ\text{C}$  за 5 минут, пока чайник стоял на столе на кухне, где температура воздуха была  $20^\circ\text{C}$ . Школьник решил ускорить остывание чайника, для чего засунул его в холодильник, где температура составляла  $0^\circ\text{C}$ . При этом температура чайника понизилась от  $95^\circ\text{C}$  до  $90^\circ\text{C}$  за 4 мин 12 сек. Решив ещё ускорить остывание, школьник выставил чайник за окно, на улицу, где температура была равна  $-20^\circ\text{C}$ . За сколько времени чайник остынет на улице от  $90^\circ\text{C}$  до  $85^\circ\text{C}$ ?

$$P \propto \Delta T$$

ЗАДАЧА 6. («Курчатов», 2018, 8) Алюминиевый куб с длиной ребра  $a$  нагрели до температуры  $180^\circ\text{C}$  и положили на стол, не проводящий тепло, в большой комнате. Одновременно с этим, рядом на соседний такой же стол положили алюминиевый куб с длиной ребра  $2a$ , который был нагрет до  $200^\circ\text{C}$ . Через какое-то время маленький куб остыл до температуры  $120^\circ\text{C}$ . Какая температура будет в этот момент времени у большого кубика?

$$P \propto \Delta T$$

Задача 7. (МОШ, 2000, 8) Горячий суп, налитый доверху в большую тарелку, охлаждается до температуры, при которой его можно есть без риска обжечься, за время  $t = 20$  мин. Через какое время можно будет есть суп с той же начальной температурой, если разлить его по маленьким тарелкам, которые также заполнены доверху и подобны большой? Известно, что суп из большой тарелки помещается в  $n = 8$  маленьких, и что количество тепла, отдаваемое в единицу времени с единицы поверхности каждой тарелки, пропорционально разности температур супа и окружающей среды.

$$t_{\text{маленькая}} = \frac{t}{8}$$

Задача 8. (МОШ, 2001, 8) На краю крыши висят сосульки конической формы, геометрически подобные друг другу, но разной длины. После резкого потепления от  $T_1 = 0^\circ\text{C}$  до  $T_2 = 10^\circ\text{C}$  самая маленькая сосулька длиной  $l = 10$  см растаяла за время  $t = 2$  часа. За какое время растает большая сосулька длиной  $L = 30$  см, если внешние условия не изменятся?

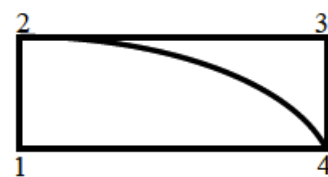
$$t = 18 \text{ часов}$$

Задача 9. (МОШ, 2016, 8) Папа решил взять с собой Васю на зимнюю рыбалку. В инвентаре папы оказалось два лишних свинцовых грузила одинаковой массой. Первое представляло собой кубик, а второе — цилиндр, высота которого равна длине ребра кубика. К середине одной из граней кубика и к центру одного из оснований цилиндра были прикреплены маленькие крючки. В какой-то момент Васе стало скучно, и он начал экспериментировать с этими грузилами. Вася привязал к крючкам нитки, повесил грузила за эти нитки и заклеил верхние и нижние поверхности грузил изоляционной лентой, которая плохо проводит теплоту. После этого Вася нагрел на походной газовой горелке воду в миске, опустил в нее свинцовый кубик, дождался его полного прогревания до  $80^\circ\text{C}$  и после этого погрузил кубик в прорубь. Оказалось, что кубик охладился до температуры  $36,6^\circ\text{C}$  за 30 секунд. Затем Вася нагрел тем же способом до той же температуры цилиндрическое грузило и тоже погрузил его в прорубь. За какое время оно охладится до температуры  $36,6^\circ\text{C}$ ?

*Справка:* объём цилиндра равен произведению площади его основания на высоту.

$$t \approx 30 \text{ с}$$

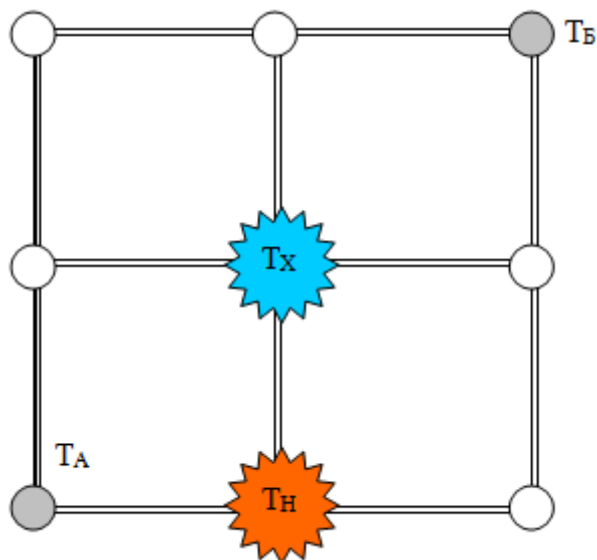
Задача 10. («Росатом», 2018, 8, 10) Имеется прямоугольник  $1234$ , изготовленный из металлических стержней одинакового материала и одинакового сечения, причём длины сторон прямоугольника относятся как  $12 : 14 = 1 : 2$ . Вершины  $2$  и  $4$  связаны таким же (но кривым) стержнем с длиной, втрое большей длины стержня  $12$ . Температуры вершин  $1$  и  $3$  поддерживаются постоянными и равными  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ ,  $t_3 = 0^\circ\text{C}$ . Найти температуры вершин  $2$  и  $4$ .



*Указание.* Тепловой поток между точками, температуры которых поддерживаются постоянными, пропорционален разности температур точек, обратно пропорционален расстоянию между ними и коэффициенту теплопроводности среды между ними (закон Фурье). Считать, что боковые поверхности стержней теплоизолированы.

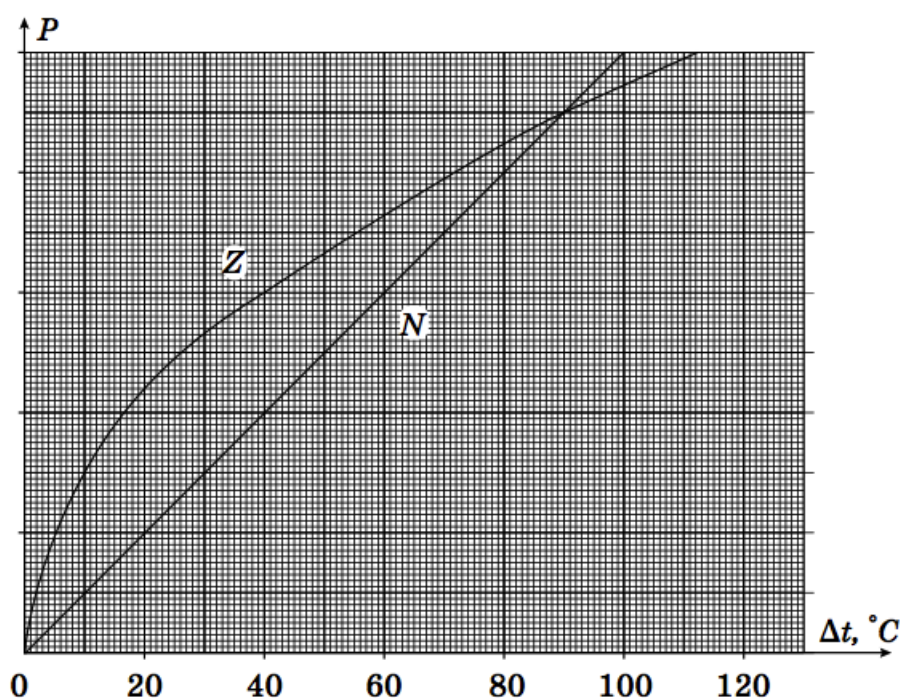
$$t_2 = 61,5^\circ\text{C}; t_4 = 38,5^\circ\text{C}$$

ЗАДАЧА 11. («Физтех», 2014, 8–9) Система охлаждения нагревателя состоит из нескольких одинаковых теплопроводящих стержней, соединённых небольшими шариками. Температура нагревателя  $70^\circ\text{C}$ , температура холодильника  $35^\circ\text{C}$ . Чему равна разность температур шарика А и шарика В ( $T_A - T_B$ ) в установившемся режиме? Ответ дать в градусах  $^\circ\text{C}$ . Если ответ не целый, то округлить до десятых. Теплопроводящая система теплоизолирована. Приток тепла осуществляется только от нагревателя, а отвод только через холодильник. Считать, что мощность теплопередачи через стержень пропорциональна разности температур на его концах.



□

ЗАДАЧА 12. («Максвелл», 2018, финал, 8) Экспериментатор Глюк создал в своей лаборатории уникальный  $Z$ -тепловод, зависимость мощности теплового потока  $P$  через который от разности температур  $\Delta t$  на его концах приведена на рисунке. Для сравнения, на том же графике приведена зависимость мощности теплового потока через обычный  $N$ -тепловод.



Если два термостата с постоянными температурами  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  и  $t_2 = 100^\circ\text{C}$  соединить  $N$ -тепловодом, то по нему пойдет тепловой поток мощностью  $P_1 = 100$  Вт. Определите мощность теплового потока:

- 1)  $P_2$  через два  $N$ -тепловода, соединённые последовательно.
- 2)  $P_3$  между термостатами через  $Z$ -тепловод.
- 3)  $P_4$  через два  $Z$ -тепловода, соединённые последовательно.
- 4)  $P_5$  через  $Z$  и  $N$ -тепловоды, соединённые последовательно. Какая в этом случае может быть температура в месте соединения теплопроводов друг с другом?

$P_2 = 50$ Вт; $P_3 = 94$ Вт; $P_4 = 67$ Вт; $P_5 = 60$ Вт; $40^\circ\text{C}$ или $60^\circ\text{C}$
---