

Условие

Задача 9-2

Если оставить на столе кружку с горячим чаем, то через некоторое время напиток остынет. Это происходит вследствие потерь теплоты в окружающую среду, которыми в школьных задачах по физике нередко пренебрегают. В данной задаче мы рассмотрим процесс подогрева воды, учитывая данные потери в рамках двух моделей.

Воду для разогрева налили до уровня $H = 20$ см в цилиндрический тонкостенный сосуд радиусом $r = 5,0$ см, теплоемкостью которого можно пренебречь. Сосуд расположен на плитке, полезную мощность которой в данных условиях считайте равной $P = 2,0$ кВт. Изначально температура воды была равна температуре окружающего воздуха $T_1 = 20$ °С. Считайте, что при нагреве температура воды достаточно быстро выравнивается по всему объему.

Табличные данные для воды: плотность $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, удельная теплоемкость $c = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$.

Потоком теплоты называют количество теплоты, переходящее за одну секунду через единицу площади: $q = \frac{Q}{St}$. Единица измерения потока теплоты в СИ – Вт/м².

1. Постоянные потери

В данной части задачи будем считать, что поток тепловых потерь постоянный и равен $q_0 = 8,5$ кВт/м². Будем также считать, что он одинаков как для поверхности воды в сосуде, так и для стенок сосуда.

1.1. Найдите время, необходимое для нагрева воды в сосуде до температуры $T_2 = 50$ °С.

1.2. До какой высоты H_{max} можно налить воду в сосуд, чтобы ее еще возможно было нагреть до температуры $T_2 = 50$ °С? Предполагаем, что цилиндрический сосуд достаточно высокий.

1.3. Пусть сосуд на плитке используют, как подогреватель проточной воды: каждую секунду в сосуд приходит некоторый объем воды при температуре T_1 и уходит такой же объем при температуре T_3 , уровень H при этом остается постоянным. Определите, с какой скоростью (в литрах в минуту) необходимо подавать и забирать воду, чтобы она успевала подогреваться до температуры $T_3 = 30$ °С.

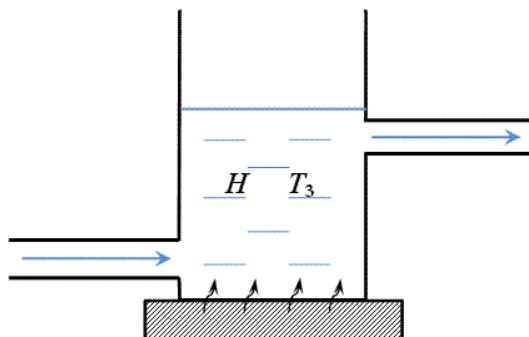


Рисунок 1 - К пункту 1.3

2. Переменные потери На самом деле поток тепловых потерь будет расти с увеличением температуры воды относительно температуры воздуха. В простейшем случае эту зависимость можно записать в линейном виде: $q = \beta(T - T_1)$, где T – температура воды, T_1 – температура окружающего воздуха, β – так называемый коэффициент теплоотдачи. Как и прежде будем считать, что он одинаков как для теплоотдачи с поверхности жидкости, так и со стенок сосуда. 2.1 Пусть коэффициент теплоотдачи для изучаемого сосуда с водой равен $\beta = 300 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Определите, до какой максимальной температуры T_{max} возможно нагреть воду.

2.2 Заранее узнать значение коэффициента теплоотдачи, как, вообще говоря, и полезной мощности плитки для конкретного сосуда, не так легко. Проще их получить, анализируя экспериментальные данные. В данном пункте предполагаем, что полезная мощность плитки заранее неизвестна. Используя график зависимости температуры воды от времени (рис. 1), определите полезную мощность плитки и коэффициент теплоотдачи.

2.3 Пусть после 10 минут нагревания, изображенного на рис. 1, плитку отключили. Постройте график зависимости температуры воды от времени в ходе дальнейших 10 минут остывания.

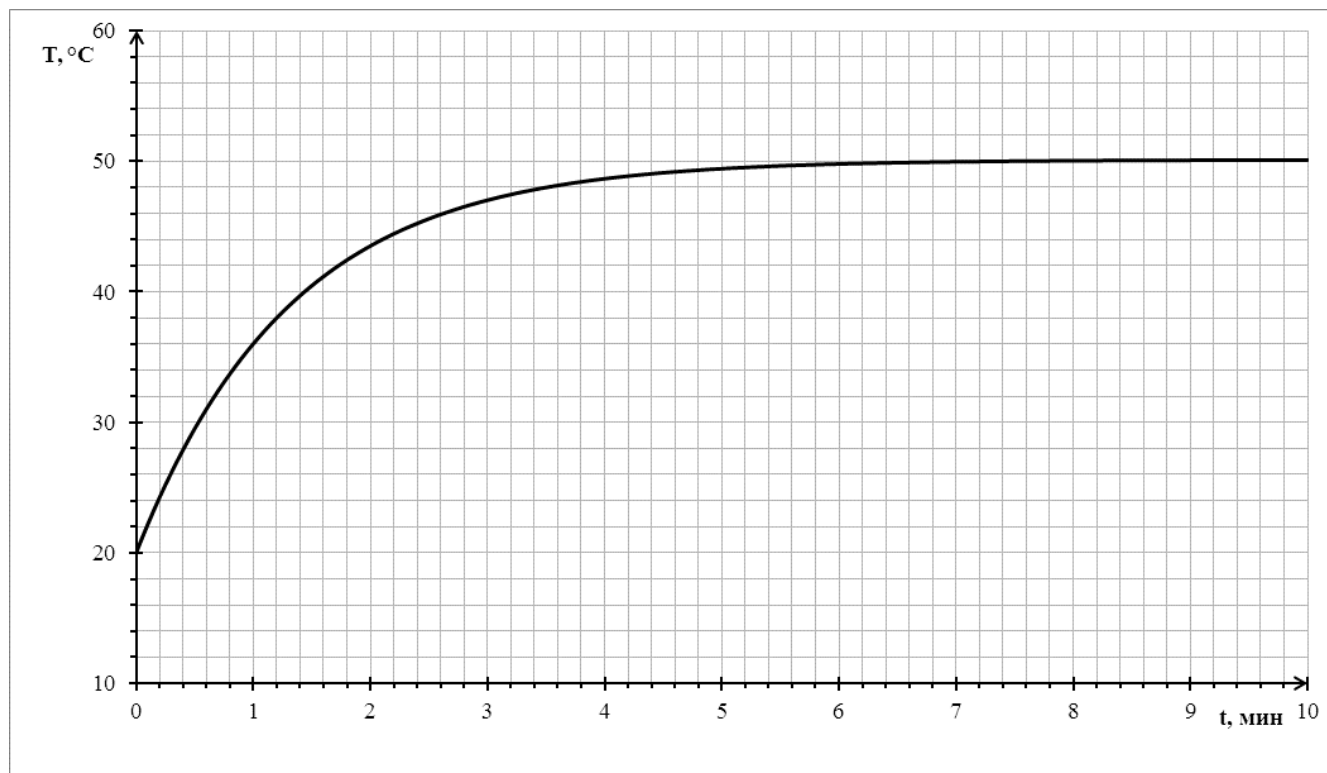


Рисунок 2 - Зависимость температуры воды в сосуде от времени