1 ?? Перечертите часть графика к себе в решение и восстановите его полную версию, считая, что включение плиты соответствовало времени $\tau_0 = 0$.

Запишем уравнение теплового баланса с учётом подведенного от плиты количества теплоты для первого участка графика:

$$P\tau = c\rho V_0(t - t_0). \tag{1}$$

Следовательно, на первом участке зависимость температуры t от времени τ описывается уравнением прямой:

$$t(\tau) = t_0 + \frac{P}{c\rho V_0}\tau = t_0 + k_1\tau. \tag{2}$$

Способ 1

На третьем участке уравнение теплового баланса:

$$P\tau = c\rho(V_0 + V_{\text{дол}})(t - t_0). \tag{3}$$

Здесь $V_{\text{дол}}$ — объём долитой воды.

Способ 2

Рассмотрим тепловые процессы, происходящие на трёх участках по отдельности. Введем обозначения: τ_1 — момент времени, когда начинается долив жидкости, τ_2 — момент времени, когда температура жидкости после доливания начинает увеличиваться.
Для первого участка имеем уравнение (1), оно записано выше.
В момент времени τ_1 температура воды в чайнике равна t_1, поэтому

$$P\tau_1 = c\rho V_0(t_1 - t_0). \tag{5}$$

Для второго участка имеем уравнение (нагревается только долитая вода)

$$P(\tau - \tau_1) = c\rho V_{\text{дол}}(t - t_0). \tag{6}$$

В момент времени τ_2

$$P(\tau_2 - \tau_1) = c\rho V_{\text{дол}}(t_1 - t_0). \tag{7}$$

Для третьего участка

$$P(\tau - \tau_2) = c\rho(V_0 + V_{\text{дол}})(t - t_1). \tag{8}$$

Комбинируя уравнения (5), (7) и (8), получим уравнение (3).

Из уравнения (3) следует, что на третьем участке графика зависимость температуры t от времени τ описывается уравнением прямой:

$$t(\tau) = t_0 + \frac{P}{c\rho(V_0 + V_{\text{дол}})}\tau = t_0 + k_3\tau. \tag{4}$$

Графики функций, описываемых уравнениями (2) и (4), имеют общую точку — $(0, t_0)$. Поэтому, если графики продолжить до пересечения, то точка пересечения графиков будет лежать на оси температуры. Таким образом, можно восстановить масштаб по оси времени — одна клетка соответствует $0{,}5$ мин. Масштаб по оси температур — одна клетка соответствует $10\,^\circ\mathrm{C}$ восстанавливаем, зная температуры $t_1 = 60\,^\circ\mathrm{C}$ и $t_0 = 20\,^\circ\mathrm{C}$. Зная, масштаб по осям и вид прямых восстанавливаем график на Рис. 2.

Ответ:

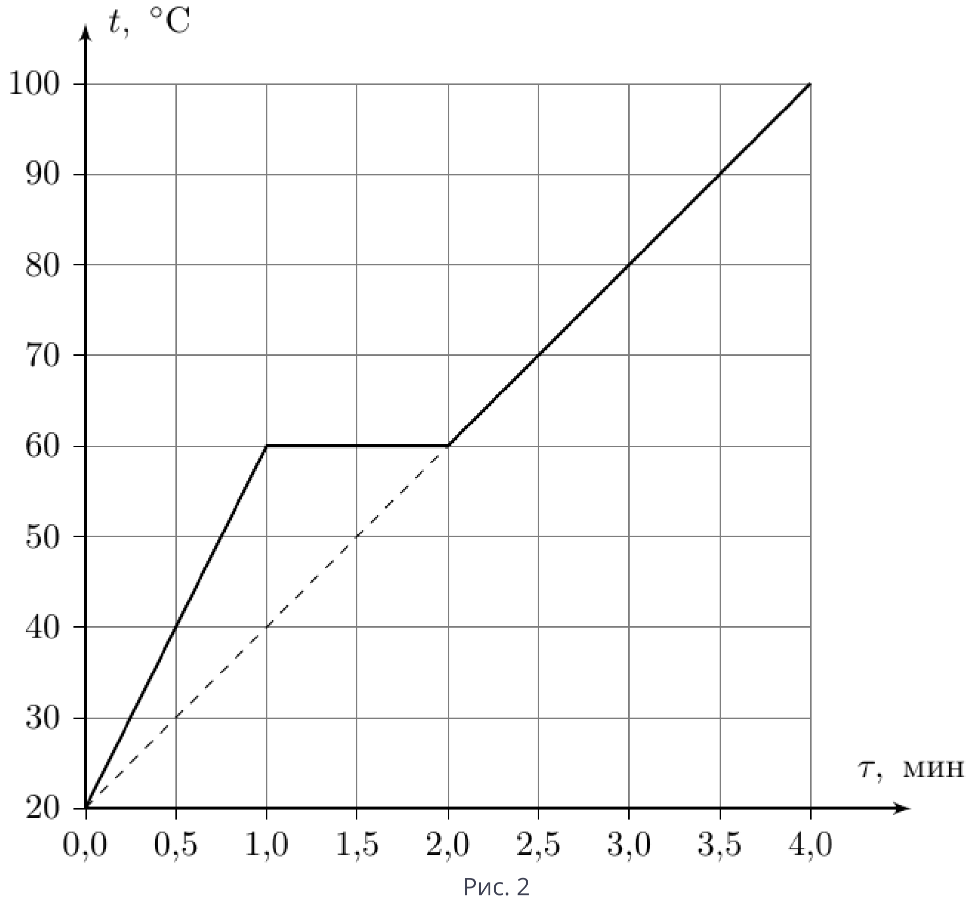

Рис. 2

2 ?? Какой изначальный объем воды V_0 Глюк налил в чайник?

Уравнения (2) и (4) описывают линейную зависимость температуры от времени с различными угловыми коэффициентами наклона k_1 и k_3, отношение которых равно:

$$\frac{k_1}{k_3} = \frac{V_0 + V_{\text{дол}}}{V_0}. \tag{9}$$

По сохранившейся части графика определяем отношение $\frac{k_1}{k_3} = 2$.

Следовательно, объём долитой воды совпадает с начальным объёмом, поэтому $V_0 = V_{\text{дол}} = 0{,}5$ л.

Ответ: $V_0 = 0{,}5$ л.

3 ?? В какой момент времени чайник начал кипеть?

По графику на Рис. 2 определяем, что температура воды станет равной $100\,^\circ\text{C}$ через $\tau_2 = 4$ мин после начала нагревания.

Тот же результат можно получить, если сначала, используя уравнение теплового баланса для второго участка, определить значение мощности, а затем посчитать время нагревания до температуры $100\,^\circ\text{C}$ на третьем участке.

Ответ: $\tau_2 = 4$ мин

4 ?? Какова была мощность плиты P?

По условию задачи при доливании воды в течении $\Delta\tau = 1$ мин $= 60$ с температура воды не менялась, поэтому все полученное от нагревателя количество теплоты шло на нагревание добавленной воды от температуры $t_0 = 20\,^\circ\text{C}$ до температуры $t_1 = 60\,^\circ\text{C}$, поэтому:

$$P \cdot \Delta\tau = c\rho V_{\text{дол}}(t_1 - t_0). \tag{10}$$

Из записанного выражения определим мощность

$$P = \frac{c\rho V_{\text{дол}}}{\Delta\tau}(t_1 - t_0) = 1400 \text{ Вт}.$$

Ответ: $P = 1400$ Вт.

Website in English