Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
Специализированный учебно-научный центр

ВСТУПИТЕЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН ПО ФИЗИКЕ
9 класс
Физико-математический профиль
13 мая 2018 года

РАЗБОР ЗАДАНИЙ И КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ

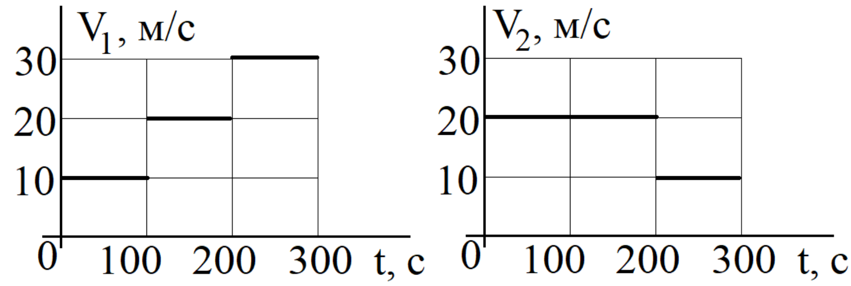
1. Выразительная величина (10 баллов).

№	Формула или система формул	Известные величины	Неизвестная величина	Ответ
1	$\begin{cases} a = \frac{V^2}{R} \\ a = \omega^2 R \end{cases}$	ω, R	a, V Найти: V	$V = \omega R$
2	$\begin{cases} ma = -kx \\ a = -\omega^2 x \end{cases}$	k, m	a, x, ω Найти: ω	$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$
3	$\begin{cases} V^2 = 2aS \\ S = \frac{at^2}{2} \end{cases}$	V, t	a, S Найти: a	$a = \frac{V}{t}$
4	$\begin{cases} V_K^2 - V_0^2 = 2aX \\ V_K = V_0 + a(t - t_0) \end{cases}$	V_0, a, t, t_0	V_K, X Найти: X	$X = V_0(t - t_0) + \frac{a(t - t_0)^2}{2}$
5	$\begin{cases} F = mg \\ F = G\frac{mM}{(R+h)^2} \end{cases}$	G, M, g, R	F, m, h Найти: h	$h = \sqrt{\frac{GM}{g}} - R$
6	$\begin{cases} F = \rho g V \\ T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \end{cases}$	T, L, F, ρ	g, V Найти: V	$V = \frac{FT^2}{4\pi^2 L\rho}$
7	$\begin{cases} I = \frac{E}{R_0 + r} \\ R_2 = \frac{R_1 R_0}{R_1 - R_0} \end{cases}$	I, E, R_1, R_2	R_0, r Найти: r	$r = \frac{E}{I} - \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
8	$\begin{cases} E = pc \\ \frac{E}{h} = \frac{c}{\lambda} \end{cases}$	h, p	E, c, λ Найти: λ	$\lambda = \frac{h}{p}$
9	$\begin{cases} \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \\ \Gamma = \frac{f}{d} \end{cases}$	F, Γ	d, f Найти: d	$d = \left(1 + \frac{1}{\Gamma}\right)F$

10	$p=\dfrac{mV}{\sqrt{1-\dfrac{V^2}{c^2}}}$	p, c, m	V Найти: V	$V=\dfrac{cp}{\sqrt{m^2c^2+p^2}}$

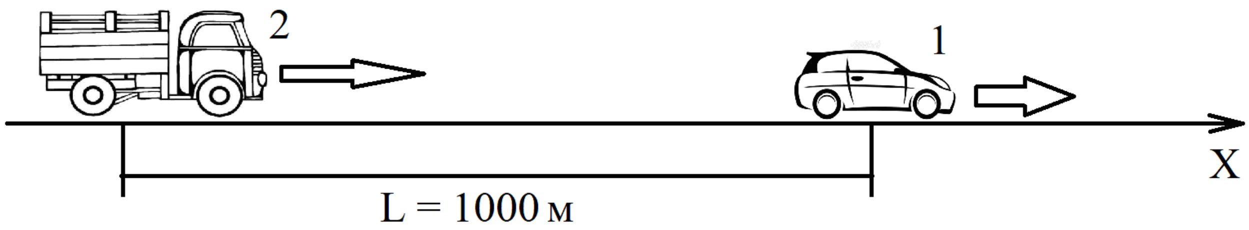
2.Автомобили (5 баллов)

Заданы графики зависимости скоростей автомобилей от времени. Первоначальное положение автомобилей (t = 0) задано на рисунке.

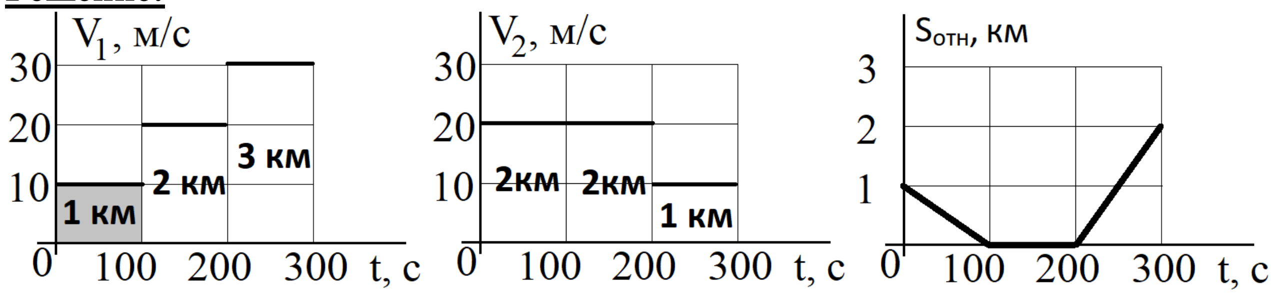


Определить:

- расстояние между автомобилями через 100 с, 200 с и 300 с;
- постройте график зависимости расстояния между автомобилями от времени на участке (0 – 300 с).



<u>**Решение:**</u>

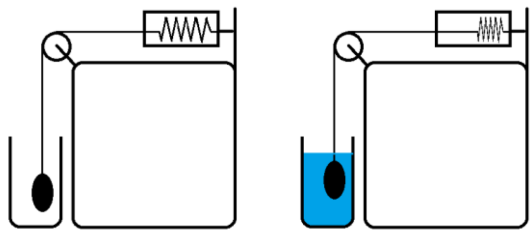


Заметим, что площадь под графиком скорости равна пройденному пути. Площадь одной клеточки равна 10 м/с*100с = 1 км. Так как скорости на участках постоянны, то и расстояния меняются линейно. Получаем график и ответы на вопросы:

1. Через 100 с расстояние между автомобилями равно 0 км. **(1 балл)**
2. Через 200 с расстояние между автомобилями равно 0 км. **(1 балл)**
3. Через 300 с расстояние между автомобилями равно 2 км. **(1 балл)**
4. Правильно построен график **(2 балла)**

3. Плотность (5 баллов)

Тело, с помощью нити перекинутой через неподвижный блок, растягивает пружинный динамометр.



Тело поместили в воду, удлинение пружины уменьшилось вдвое. Определить плотность тела. Плотность воды $\rho_в$.

Решение:

1. Запишем второй закон Ньютона для тела на нити в пустом стакане и для динамометра:

$$\begin{cases} mg - T = 0 \\ T - kX = 0 \end{cases} \text{ или } mg = kX \quad \textbf{(1 балл)}$$

2. Запишем второй закон Ньютона для тела и динамометра на нити в полном стакане:

$$\begin{cases} mg - F_A - T = 0 \\ T - k\dfrac{X}{2} = 0 \end{cases} \text{ или } mg - F_A = k\frac{X}{2} \quad \textbf{(1 балл)}$$

3. Учитывая, что $F_A = \rho_{воды} gV$ и $m = \rho_{тела} V$ получим:

$$\begin{cases} \rho_{тела} Vg = kX \\ \rho_{тела} Vg - \rho_{воды} gV = k\dfrac{X}{2} \end{cases} \quad \textbf{(1 балл)}$$

Подставим $\rho_{тела} Vg - \rho_{воды} gV = \dfrac{\rho_{тела} Vg}{2}$ и $\rho_{тела} - \rho_{воды} = \dfrac{\rho_{тела}}{2}$ **(1 балл)**

Ответ: $\rho_{тела} = 2\rho_{воды}$ **(1 балл)**

4. Электрическая схема (5 баллов)

На электрической схеме указаны все известные параметры.

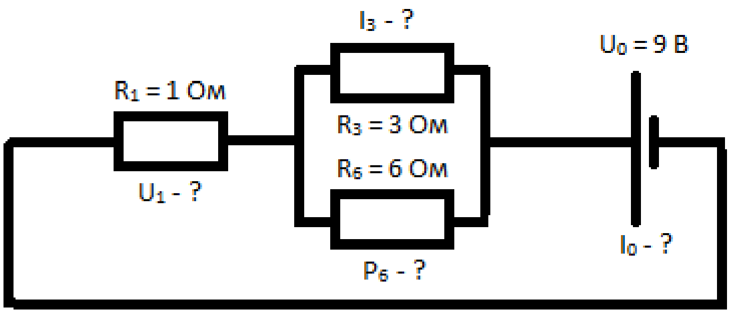
Определить:

4.1.Общее сопротивление цепи $R_{общ}$.

4.2.Ток I_0, бегущий через источник питания.

4.3.Напряжение U_1 на резисторе R_1.

4.4.Ток I_3, бегущий через резистор R_3.



4.5.Мощность P_6, выделяющаяся на резисторе R_6.

Решение:

4.1. Заметим, что два резистора R_3 и R_6 соединены параллельно

$$R_{36} = \frac{R_3 R_6}{R_3 + R_6} = \frac{3*6}{3+6} = 2\,\text{Ом},$$

а резистор R_1 соединен с блоком сопротивлением R_{36} последовательно => общее сопротивление схемы равно $R_{общ} = R_1 + R_{36} = 1 + 2 = 3\,$Ом. **(1 балл)**

4.2. $I_0 = \dfrac{U_0}{R_{общ}} = \dfrac{9}{3} = 3\,$А. **(1 балл)**

4.3. $U_1 = R_1 \cdot I_{общ} = 1 \cdot 3 = 3\,$В. **(1 балл)**

4.4. $I_3 = \frac{R_6}{R_3 + R_6} \cdot I_o = \frac{6}{3+6} \cdot 3 = 2\text{А}.$ **(1 балл)**

4.5. $I_6 = \frac{R_3}{R_3 + R_6} \cdot I_o = \frac{3}{3+6} \cdot 3 = 1\text{А}.$

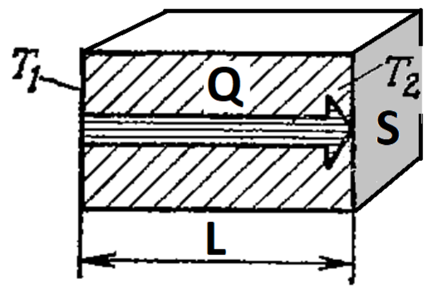
$P_6 = I_6^2 R_6 = 1^2 \cdot 6 = 6\ \text{Вт}$ **(1 балл)**

ЧАСТЬ ВТОРАЯ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

Теплопроводность тела означает его способность проводить тепло. Молекулы участков тела, где температура выше, обладают большей энергией и передают ее соседним молекулам, обладающих меньшей энергией. Это ведет к выравниванию разности температур внутри тела. В отличие от конвекции передача тепла здесь не связана с переносом частиц.

Теплопроводность называется **стационарной**, если вызывающая ее разность температур $T_2 - T_1$ сохраняется неизменной с течением временем.

Во всех наших задачах и примерах мы будем работать только со стационарной теплопроводностью.



Если:

Q – передаваемое количество теплоты,

S – поперечное сечение проводника тепла,

t – продолжительность процесса теплопроводности,

$(T_2 - T_1)$ – разность температур на концах проводника тепла,

L – длина проводника тепла,

λ – коэффициент теплопроводности материала проводника, указывается в справочниках, определяется только экспериментально, то можно записать

$$Q = \frac{\lambda \cdot S \cdot t \cdot (T_2 - T_1)}{L} \quad \text{(формула 1)}$$

Тепловым потоком Ф называется количество теплоты, переданное через поперечное сечение проводника тепла за единицу времени: $\varPhi = \frac{Q}{t}$. Единица СИ теплового потока Ватт: $[\varPhi] = \frac{Дж}{с} = Вт$.

5. Кирпичная стена (2 балла)

Определить тепловой поток через кирпичную стену размером 2 метра в высоту, 4 метра в длину и толщиной 0,5 метра, если на улице температура 0 ^{0}С, а температура в комнате всегда +20 ^{0}С. Коэффициент теплопроводности для кирпича $\lambda = 0{,}7 \frac{Вт}{м \cdot {}^0C}$.

Подсказка к ответу: ответ представляет собой целое трехзначное число, сумма цифр которого равна 8

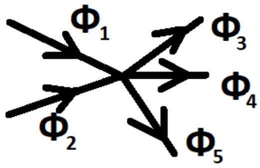
<u>Решение</u>:

Возьмем формулы $Q = \frac{\lambda \cdot S \cdot t \cdot (T_2 - T_1)}{L}$ и $\varPhi = \frac{Q}{t}$ => $\varPhi = \frac{\lambda \cdot S \cdot (T_2 - T_1)}{L}$ **(1 балл)**

Площадь стены равна $S = 2 \times 4 = 8 м^2$

$$Ф = \frac{0{,}7 \cdot 8 \cdot (20-0)}{0{,}5} = 224\,Вт$$

Проверка: 2+2+4=8 **(1 балл)**

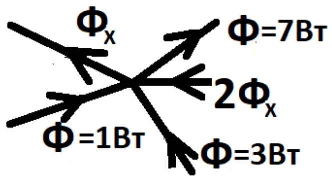


Определение: Будем называть узлом точку, в которой соединяются более двух проводников тепла.

Замечание 1. Если теплопроводность стационарная (температуры со временем не меняются), то количество тепловых потоков входящих в узел равно количество тепловых потоков выходящих из узла (сколько тепла пришло в точку столько и должно уйти, чтобы точка не меняла температуру).

$$Ф_1 + Ф_2 = Ф_3 + Ф_4 + Ф_5 \quad \text{(формула 2).}$$

6. Узел (2 балла)



В узел втекают три стационарных тепловых потока 1Вт, 3Вт и 2*$Ф_X$, а вытекают два стационарных тепловых потока 7Вт и $Ф_x$. Запишите формулу 2 для узла и определите величину потока $Ф_x$.

__**Решение:**__

Входящие потоки в узел: 1Вт+3Вт+2$Ф_X$ и исходящие потоки из узла: 7Вт+$Ф_X$

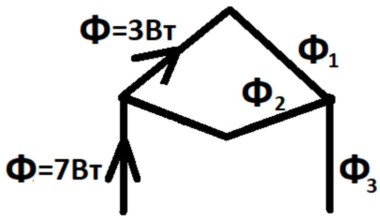
Применим формулу 2: $1 + 3 + 2Ф_X = 7 + Ф_X$ **(1 балл)**

Получаем ответ: $Ф_X = 3Вт$ **(1 балл)**

Однородный участок соединения проводников тепла – участок схемы проводников цепи без узлов.

Замечание 2. Вдоль однородного участка соединения проводников тепла, тепловой поток Ф не меняется.

7. Простая задача (2 балла)



Теплопроводящая система составлена из 6 теплопроводящих стержней (смотри рисунок). Известно, что в левый узел втекает тепловой поток 7 Вт, и тепловой поток 3 Вт вытекает из этого узла в верхний стержень. Определить тепловые потоки $Ф_1$, $Ф_2$ и $Ф_3$ возле правого узла.

__**Ответы:**__

$Ф_1$ = 3Вт **(0,5 баллов)**

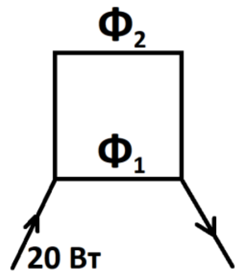
$Ф_2$ = 4Вт **(1 балл)**

$Ф_3$ = 7Вт **(0,5 баллов)**

ВНИМАНИЕ: С этого места и далее, во всех последующих рассуждениях, примерах и задачах будем считать, что __**все**__ проводники тепла представляют собой однородные стержни постоянного сечения и изготовленные из одного и того же материала, т.е. $\lambda \cdot S$ величина постоянная.

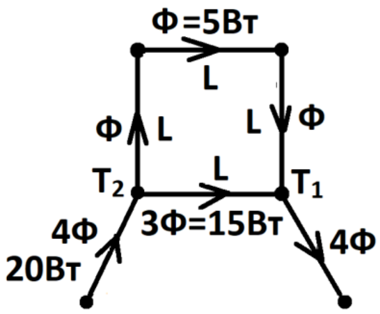
Замечание 3. Выразим из формулы (1) разность температур: $T_2 - T_1 = \frac{L}{\lambda \cdot S} \cdot \Phi$. Напомним, что $\lambda \cdot S$ величина постоянная. Из формулы становится видно, что если концы однородных участков соединены (температуры на концах этих участков одинаковы), то произведение длины однородного участка на тепловой поток в этом же участке будет величиной постоянной для всех соединенных однородных участков: $L_1\Phi_1 = L_2\Phi_2 = L_3\Phi_3$.

8. Средняя задача (4 балла)



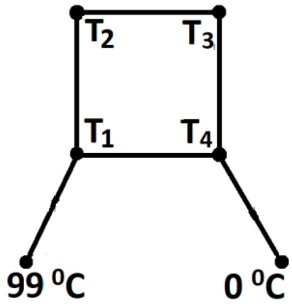
Пусть теплопроводящая система составлена из шести абсолютно одинаковых стержней (смотри рисунок). Определить тепловые потоки Ф$_1$, и Ф$_2$, если в систему подается тепловой поток 20 Вт.

Решение:



1) Заметим, что однородные участки теплопроводящей системы, состоящие из одного и трех одинаковых стержней подсоединены к одним и тем же точкам. Обозначим эти точки температурами T$_1$ и T$_2$.
2) Обозначим тепловой поток максимально удаленного от входов стержня через Ф$_2$=Ф. На всем этом однородном участке поток Ф.
3) Так как этот однородный участок состоит из 3 стержней, то произведение потока на длину равно для этого участка Ф*3L.
4) Мысленно обозначим поток на участке, состоящем из одного стержня, через Ф$_1$. Так как этот участок подключен к тем же точкам, что 3 стержня, то для него справедливо: $3L \cdot \Phi = L \cdot \Phi_1$ (замечание 3). Отсюда следует, что $\Phi_1 = 3\Phi$. **(1 балл)**
5) Получаем, что вытекают из левого узла потоки Ф, 3Ф, поэтому должен втекать поток 4Ф **(1 балл)**, а втекает, по условию, 20 Вт. Следовательно, 4Ф=20Вт или Ф=5Вт. **(1 балл)**
6) Ответ: Через 3 соединенных стержня идет тепловой поток Ф$_2$=5Вт, через одинарный стержень – Ф$_1$=15 Вт. **(1 балл)**

9. Температуры (6 баллов)

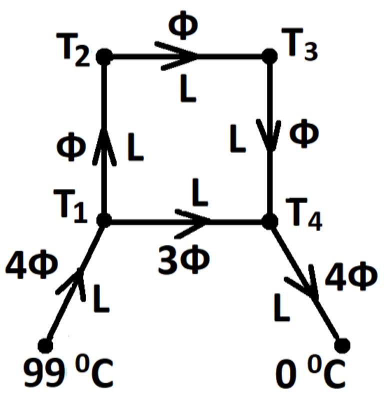


Пусть теплопроводящая система составлена из шести абсолютно одинаковых стержней (смотри рисунок). Определить какие температуры T$_1$, T$_2$, T$_3$ и T$_4$ установятся в точках системы изображенной на рисунке, если на концах системы поддерживаются температуры 99^{0}C и 0^{0}C.

Решение:

1) Обозначим тепловой поток максимально удаленного от входов стержня через Ф.

2) Расставим тепловые потоки во всех стержнях, выраженные через Ф (смотри рисунок). **(1 балл)**
3) Выбираем любой путь от начальной точки с известной температурой 99^0C, до конечной точки с известной температурой 0^0C (смотри рисунок).
4) Запишем уравнения для каждого однородного участка выбранного пути.



$$\begin{cases} 99^0C - T_1 = \dfrac{L}{\lambda S}4\Phi \\ T_1 - T_4 = \dfrac{L}{\lambda S}3\Phi \\ T_4 - 0^0C = \dfrac{L}{\lambda S}4\Phi \end{cases}$$ **(1 балл)**

5) Сложим все эти уравнения и заметим, что все неизвестные температуры сократились
$$99^0C - 0^0C = \frac{L}{\lambda S}4\Phi + \frac{L}{\lambda S}3\Phi + \frac{L}{\lambda S}4\Phi$$
6) Упростим: $11\dfrac{L\Phi}{\lambda S} = 99^0C$. Найдем, что

$\dfrac{L\Phi}{\lambda S} = 9^0C$ **(1 балл)**

7) Подставим это значение во все уравнения, найдем все температуры:

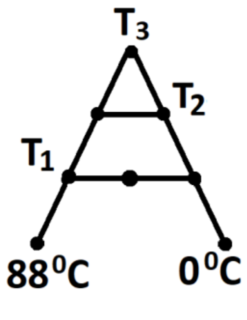
$$\begin{cases} 99^0C - T_1 = 4\cdot 9^0C \Rightarrow T_1 = 99^0C - 36^0C = 63^0C \\ T_1 - T_4 = 3\cdot 9^0C \Rightarrow T_4 = T_1 - 27^0C = 36^0C \\ T_4 - 0^0C = 4\cdot 9^0C \Rightarrow T_4 = 36^0C \end{cases}$$ **(1 балл)**

$$T_1 - T_2 = \frac{L}{\lambda S}\Phi = 9^0C \Rightarrow T_2 = 63 - 9 = 54^0C \_\_\_\_\_\_\_ (1\_балл)$$

$$T_1 - T_3 = \frac{2L}{\lambda S}\Phi = 2\cdot 9^0C \Rightarrow T_3 = 63 - 19 = 45^0C \_\_\_\_ (1\_балл)$$

10. Сложная система (9 баллов)

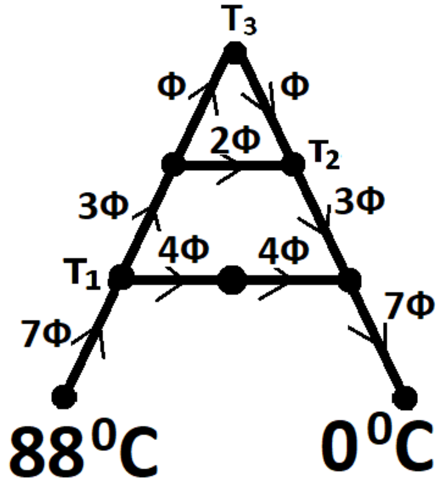
Пусть теплопроводящая система составлена из девяти абсолютно одинаковых стержней (смотри рисунок). Определить какие температуры T_1, T_2 и T_3 установятся в точках системы изображенной на рисунке, если на концах системы поддерживаются температуры 88^0C и 0^0C.



Решение:
1) Обозначим тепловой поток максимально удаленного от входов стержня через Ф.
2) Расставим тепловые потоки во всех стержнях, выраженные через Ф (смотри рисунок). **(2 балл)**
3) Выбираем любой путь от начальной точки с известной температурой 88^0C, до конечной точки с известной температурой 0^0C (смотри рисунок).

4) Сложим все эти уравнения и заметим, что все неизвестные температуры сократились

$$88^0C - 0^0C = \frac{L}{\lambda S}7\Phi + \frac{2L}{\lambda S}4\Phi + \frac{L}{\lambda S}7\Phi$$



5) Упростим: $22\frac{L\Phi}{\lambda S} = 88^0C$. Найдем, что

$\frac{L\Phi}{\lambda S} = 4^0C$ **(2 балл)**

6) Подставим это значение во все уравнения, найдем все температуры:

$88^0C - T_1 = 7\cdot 4^0C \Rightarrow T_1 = 88^0C - 28^0C = 60^0C$ **(1 балл)**

$T_1 - T_3 = \frac{L}{\lambda S}3\Phi + \frac{L}{\lambda S}\Phi = 16^0C \Rightarrow T_3 = 60 - 16 = 44^0C$ **(2 балл)**

(ставим 1 балл, даже если найдено из симметрии схемы)

$T_1 - T_2 = \frac{L}{\lambda S}3\Phi + \frac{L}{\lambda S}2\Phi = 5\cdot 4^0C = 20^0C \Rightarrow T_2 = 60 - 20 = 40^0C$ **(2 балл)**