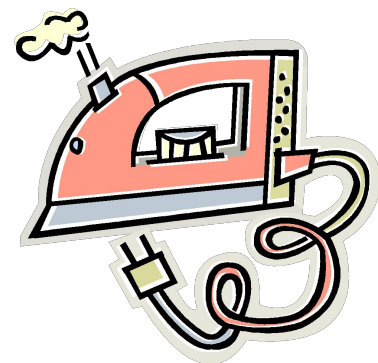


**Решение задач
на расчет
работы и
мощности
электрического
тока,
тепловое действие
тока**



Решая задачи на расчет работы и мощности электрического тока необходимо помнить:

1. Формулы работы и мощности электрического тока.
2. Закон Джоуля-Ленца.
3. Закон сохранения энергии.
4. Закономерности последовательного и параллельного соединения проводников.
5. Зависимость сопротивления от материала и размеров.
6. Формулы для расчета количества теплоты в различных процессах.

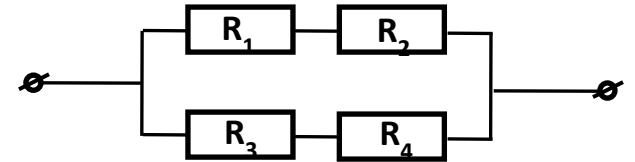
Задача № 1. Условие

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке,

резисторы имеют сопротивления:

$R_1=1 \text{ Ом}$, $R_2=2 \text{ Ом}$, $R_3=2 \text{ Ом}$, $R_4=4 \text{ Ом}$.

На каком резисторе выделяется большая тепловая мощность?



Обратите внимание!

Нам не дано напряжение или сила тока.

Значит, нас не спрашивают о том, ЧЕМУ РАВНА мощность.

Требуется только ответить на вопрос, на каком резисторе тепловая мощность будет максимальной.

Как Вам кажется: на каком резисторе мощность будет больше?

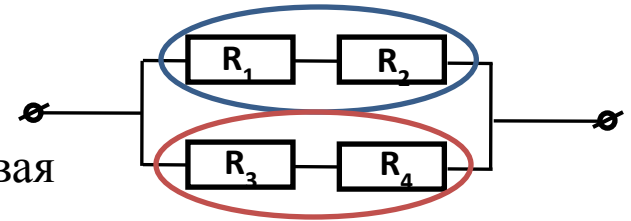
Давайте проверим!

Задача № 1. Анализ условия

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, резисторы имеют сопротивления:

$R_1=1 \text{ Ом}$, $R_2=2 \text{ Ом}$, $R_3=2 \text{ Ом}$, $R_4=4 \text{ Ом}$.

На каком резисторе выделяется большая тепловая мощность?



В данной цепи имеется два параллельных участка, каждый из которых состоит из двух последовательно соединенных резисторов.

**Вспомним, как можно
рассчитать
мощность электрического**

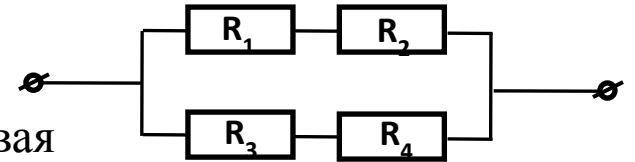
$$P = IU \quad P \stackrel{\text{тока?}}{=} I^2 R \quad P = \frac{U^2}{R}$$

Задача № 1. Решение

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, резисторы имеют сопротивления:

$R_1=1 \text{ Ом}$, $R_2=2 \text{ Ом}$, $R_3=2 \text{ Ом}$, $R_4=4 \text{ Ом}$.

На каком резисторе выделяется большая тепловая мощность?



$$P = IU \quad P = I^2 R \quad P = \frac{U^2}{R}$$

Подумайте, какой формулой для расчета мощности удобнее пользоваться в случае последовательного соединения резисторов? Нажмите на выбранную Вами формулу



**Подсказка. Нажмите
меня**

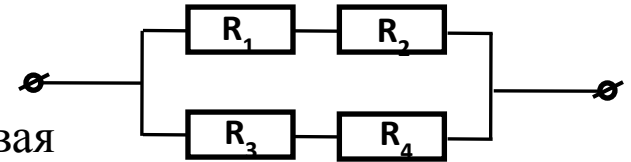
Если резисторы соединены последовательно, значит в них текут одинаковые по величине токи.

Задача № 1. Решение

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, резисторы имеют сопротивления:

$R_1=1 \text{ Ом}$, $R_2=2 \text{ Ом}$, $R_3=2 \text{ Ом}$, $R_4=4 \text{ Ом}$.

На каком резисторе выделяется большая тепловая мощность?



$$P = I^2 R$$

Т.к. при последовательном соединении токи одинаковы, то большая мощность выделится на резисторе, сопротивление которого больше (говорят: на большем по номиналу).

Следовательно на резисторе R_2 выделится в 2 раза большая мощность, чем на резисторе R_1 .

Аналогично: на резисторе R_4 выделится в 2 раза большая мощность, чем на резисторе R_3 .

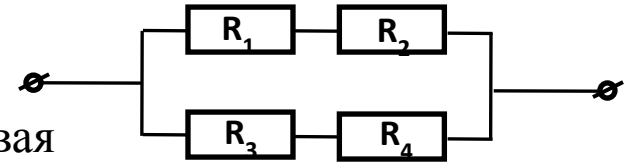
Отметим при этом, что сопротивление резистора R_4 в 2 раза больше, чем сопротивление резистора R_2 .

Задача № 1. Решение

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, резисторы имеют сопротивления:

$R_1=1 \text{ Ом}$, $R_2=2 \text{ Ом}$, $R_3=2 \text{ Ом}$, $R_4=4 \text{ Ом}$.

На каком резисторе выделяется большая тепловая мощность?



Теперь надо обсудить, на каком из двух резисторов – R_2 или R_4 – выделится большая мощность.

Т.к. эти резисторы находятся в параллельных ветвях цепи, то в них текут разные токи.

Согласно свойствам параллельного соединения, ток в параллельной ветви тем больше, чем меньше сопротивление этой ветви.

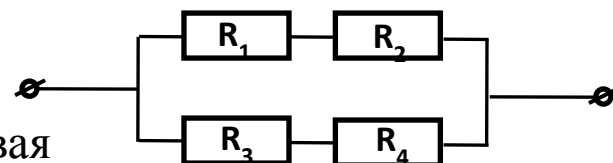
Сопротивление верхней ветви меньше в 2 раза, значит, ток больше в 2 раза.

Задача № 1. Решение

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, резисторы имеют сопротивления:

$R_1=1 \text{ Ом}$, $R_2=2 \text{ Ом}$, $R_3=2 \text{ Ом}$, $R_4=4 \text{ Ом}$.

На каком резисторе выделяется большая тепловая мощность?



Подведем итоги:

1. Выделяемая мощность: $P = I^2 R$

2. Сила тока в верхней ветви в 2 раза больше, чем в нижней: $I_{\text{верх}} = 2I_{\text{ниж}}$

3. Сопротивление резистора R_4 в 2 раза больше, чем сопротивление резистора R_1 .

Попробуем сделать выводы с использованием традиционного математического решения.

Т.к. мощность пропорциональна *квадрату* силы тока, то

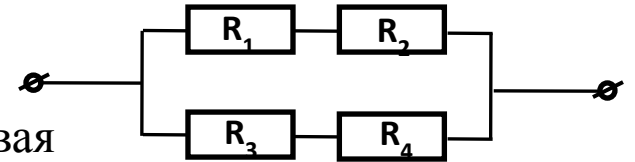
Большая мощность (в 2 раза) выделится на резисторе R_2

Задача № 1. Решение

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, резисторы имеют сопротивления:

$$R_1 = 1 \text{ Ом}, R_2 = 2 \text{ Ом}, R_3 = 2 \text{ Ом}, R_4 = 4 \text{ Ом}.$$

На каком резисторе выделяется большая тепловая мощность?



Параллельное соединение:

$$U_{\text{верх}} = U_{\text{ниж}} = U \quad I_1 = I_2$$

$$I_{\text{верх}} = \frac{U}{R_1 + R_2} \quad I_3 = I_4$$

Расчет мощности: $P = I^2 R$

$$P_{\text{верх}} = I_{\text{верх}}^2 (R_1 + R_2) = \frac{U^2}{30 \text{ Ом}} = 2$$

$$I_{\text{ниж}} = \frac{U}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{P_4}{P_3} = \frac{I_{\text{ниж}}^2 R_4}{I_{\text{ниж}}^2 R_3} = \frac{4 \text{ Ом}}{2 \text{ Ом}} = 2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{I_{\text{верх}}^2 R_2}{I_{\text{верх}}^2 R_1} = \frac{2 \text{ Ом}}{1 \text{ Ом}} = 2$$

$$\frac{P_2}{P_4} = \frac{I_{\text{верх}}^2 R_2}{I_{\text{ниж}}^2 R_4} = (2)^2 \cdot \frac{2 \text{ Ом}}{4 \text{ Ом}} = 2$$

Ответ: большая тепловая мощность выделится на втором резисторе

$P_{\text{max}} - ?$
$R_1 = 1 \text{ Ом}$
$R_2 = 2 \text{ Ом}$
$R_3 = 2 \text{ Ом}$
$R_4 = 4 \text{ Ом}$

Обратите внимание:

Мы решили задачу разными способами и, естественно, получили одинаковые ответы.

Вы, **решая любую задачу, имеете право выбирать способ решения.**

Ваша оценка не зависит от выбранного способа, если только это специально не оговорено в условии задачи или учителем.

Выбирайте тот способ, который Вам удобнее и понятнее, но **обязательно подумайте: нет ли более простого, более «физического» способа решения.**

Важно только, чтобы выбранные Вами способы решения были правильными.

Задача № 2. Условие

Кипятильник с кпд 80% изготовлен из нихромовой проволоки сечением $0,84 \text{ мм}^2$ и включен в сеть с напряжением 220 В. За 20 минут с его помощью было нагрето 4 л воды от 10°C до 90°C . Какова длина проволоки, из которой изготовлен кипятильник?



Внимание!

В нашей задаче необходимо знание двух табличных величин – удельного сопротивления нихрома и плотности воды.

Обе эти величины обычно обозначаются одной и той же буквой:

ρ .

Для того, чтобы избежать путаницы, введем обозначения:

$\rho_{\text{у.с.}}$ – удельное сопротивление,

$\rho_{\text{п}}$ – плотность.

Задача № 2. Решение

Кипятильник с кпд 80% изготовлен из нихромовой проволоки сечением $0,84 \text{ мм}^2$ и включен в сеть с напряжением 220 В . За 20 минут с его помощью было нагрето 4 л воды от 10°С до 90°С . Какова длина проволоки, из которой изготовлен кипятильник?



□-?

$$\text{кпд} = \eta = 80\% = 0,8$$

$$\rho_{\text{н.ч.}} = 1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$S = 0,84 \text{ мм}^2$$

$$U = 220 \text{ В}$$

$$t = 20 \text{ мин} = 1200 \text{ с}$$

$$V_{\text{в}} = 4 \text{ л} = 0,004 \text{ м}^3$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$$

$$t_0 = 10^\circ\text{С}$$

$$t = 90^\circ\text{С}$$

Формула расчета

сопротивления:

$$R = \rho_{\text{н.ч.}} \frac{\square}{S} \Rightarrow \square = \frac{RS}{\rho_{\text{н.ч.}}}$$

При протекании тока согласно закону Джоуля-Ленца выделяется количество теплоты, равное

$$Q = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \Rightarrow R = \frac{U^2 t}{Q}$$

$$\square = \frac{RS}{\rho_{\text{н.ч.}}} = \frac{U^2 \cdot S \cdot t}{Q \cdot \rho_{\text{н.ч.}}}$$

Задача № 2. Решение

Кипятильник с кпд 80% изготовлен из нихромовой проволоки сечением $0,84 \text{ мм}^2$ и включен в сеть с напряжением 220 В. За 20 минут с его помощью было нагрето 4 л воды от 10°C до 90°C . Какова длина проволоки, из которой изготовлен кипятильник?



□-?

$$\text{кпд} = \eta = 80\% = 0,8$$

$$\rho_{\text{у.с.}} = 1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$S = 0,84 \text{ мм}^2$$

$$U = 220 \text{ В}$$

$$t = 20 \text{ мин} = 1200 \text{ с}$$

$$V_{\text{в}} = 4 \text{ л} = 0,004 \text{ м}^3$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$t_0 = 10^\circ\text{C}$$

$$t = 90^\circ\text{C}$$

$$\square = \frac{RS}{\rho_{\text{у.с.}}} = \frac{U^2 \cdot S \cdot t}{Q \cdot \rho_{\text{у.с.}}}$$

Так как по условию кпд кипятильника 80%, то только 80% энергии электрического тока идет на нагревание воды (остальная часть – на нагревание сосуда, воздуха и т.п.).

$$\text{Следовательно: } \eta = \frac{Q_{\text{полезное}}}{Q_{\text{затраченное}}} = \frac{Q_{\text{в}}}{Q} \Rightarrow Q = \frac{Q_{\text{в}}}{\eta}$$

$$Q_{\text{в}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t - t_0) = c_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot V \cdot (t - t_0)$$

$$Q = \frac{c_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot V \cdot (t - t_0)}{\eta}$$

Задача № 2. Решение

Кипятильник с кпд 80% изготовлен из нихромовой проволоки сечением 0,84 мм² и включен в сеть с напряжением 220 В. За 20 минут с его помощью было нагрето 4 л воды от 10°С до 90°С. Какова длина проволоки, из которой изготовлен кипятильник?



□-?

$$\text{кпд} = \eta = 80\% = 0,8$$

$$\rho_{\text{н.с.}} = 1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$S = 0,84 \text{ мм}^2$$

$$U = 220 \text{ В}$$

$$t = 20 \text{ мин} = 1200 \text{ с}$$

$$V_{\text{в}} = 4 \text{ л} = 0,004 \text{ м}^3$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$$

$$t_0 = 10^\circ \text{С}$$

$$t = 90^\circ \text{С}$$

$$\square = \frac{U^2 \cdot S \cdot t}{Q \cdot \rho_{\text{н.с.}}}$$

$$Q = \frac{c_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot V \cdot (t^\circ - t_0^\circ)}{\eta}$$

Окончательно:

$$\square = \frac{\eta \cdot U^2 \cdot S \cdot t}{c_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot V \cdot (t^\circ - t_0^\circ) \cdot \rho_{\text{н.с.}}}$$

Задача № 2. Решение

Кипятильник с кпд 80% изготовлен из нихромовой проволоки сечением $0,84 \text{ мм}^2$ и включен в сеть с напряжением 220 В . За 20 минут с его помощью было нагрето 4 л воды от 10°С до 90°С . Какова длина проволоки, из которой изготовлен кипятильник?



□-?

$$\text{кпд} = \eta = 80\% = 0,8$$

$$\rho_{\text{у.с.}} = 1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$S = 0,84 \text{ мм}^2$$

$$U = 220 \text{ В}$$

$$t = 20 \text{ мин} = 1200 \text{ с}$$

$$V_{\text{в}} = 4 \text{ л} = 0,004 \text{ м}^3$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$$

$$t_0 = 10^\circ\text{С}$$

$$t = 90^\circ\text{С}$$

Подставим значения и проведем действия с наименованиями

$$\square = \frac{0,8 \cdot (220 \text{ В})^2 \cdot 0,84 \text{ мм}^2 \cdot 1200 \text{ с}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,004 \text{ м}^3 \cdot (90 - 10)^\circ\text{С} \cdot 1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}}$$

Получим: $\ell \approx 29,04 \text{ м}$

Ответ: длина нихромовой проволоки, из которой изготовлен кипятильник примерно $29,04 \text{ м}$.

Задача № 2. Анализ решения

Кипятильник с кпд 80% изготовлен из нихромовой проволоки сечением $0,84 \text{ мм}^2$ и включен в сеть с напряжением 220 В. За 20 минут с его помощью было нагрето 4 л воды от 10°C до 90°C . Какова длина проволоки, из которой изготовлен кипятильник?



1. Выразили длину проволоки из формулы зависимости сопротивления проводника от материала и размеров;
2. Т.к. в основе действия кипятильника лежит тепловое действие тока, записали закон Джоуля-Ленца и преобразовали (с учетом закона Ома) через известное напряжение. Получили значение сопротивления проволоки кипятильника.
3. Записали формулу для расчета количества теплоты при нагревании и преобразовали с учетом зависимости массы от плотности и объема.
4. Исходя из закона сохранения энергии (с учетом кпд кипятильника) записали соотношение между количеством теплоты, выделившимся при прохождении тока, и количеством теплоты, необходимым для нагревания воды.
5. Получили конечную формулу путем подстановки

$$R = \frac{\rho_{y.c.} \cdot S}{l}$$

$$R = \frac{U^2 t}{Q}$$

$$Q_{\text{в}} = c_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot V \cdot (t^\circ - t_0^\circ)$$

$$Q = \frac{Q_{\text{в}}}{\eta}$$

$$l = \frac{\eta \cdot U^2 \cdot S \cdot t}{c_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot V \cdot (t^\circ - t_0^\circ) \cdot \rho_{y.c.}}$$

Спасибо!
Переходите к
следующей части
курса