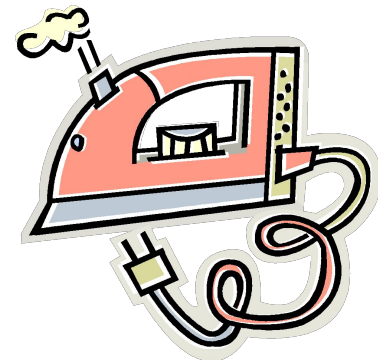


**Решение задач
на расчет
работы и
мощности
электрического
тока,
тепловое действие
тока**



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.

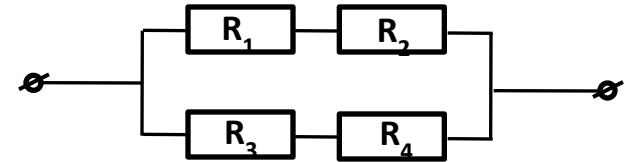
Задача № 1. Условие

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке,

резисторы имеют сопротивления:

$R_1=1$ Ом, $R_2=2$ Ом, $R_3=2$ Ом, $R_4=4$ 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?

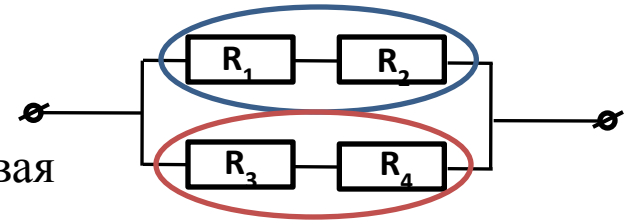
Давайте проверим!

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
тока?**

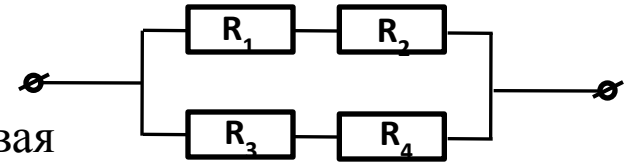
$$P = IU \quad P = I^2 R \quad P = \frac{U^2}{R}$$

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**

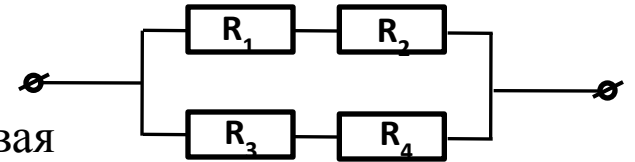
Если резисторы соединены последовательно, значит в них текут одинаковые по величине токи.

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 .

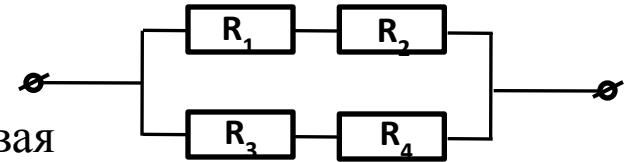
Отметим при этом, что сопротивление резистора R_4 в 2 раза больше, чем сопротивление резистора R_2 .

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.

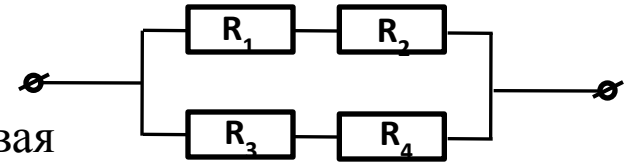
Сопротивление верхней ветви меньше в 2 раза, значит, ток больше в 2 раза.

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. Мы получили решения исходя из **физического анализа ситуации**.

Сопротивление резистора R_4 в 2 раза больше, чем сопротивление резистора R_3 : $R_4 = 2R_3$
Попробуем сделать выводы с использованием традиционного математического решения.

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

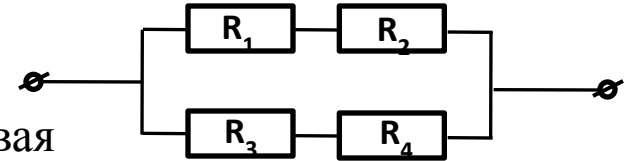
Большая мощность (в 2 раза) выделится на резисторе R_2

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:

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

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

$$\frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2} = \frac{6 \text{ Ом}}{3 \text{ Ом}} = 2$$

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

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 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?



□-?

$$\text{кпд} = \eta = 80\% = 0,8$$

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

$$S = 0,84 \text{ мм}^2$$

$$U = 220 \text{ В}$$

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

$$V_0 = 4 \text{ л} = 0,004 \text{ м}^3$$

$$c_0 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$$

$$t_0 = 10^\circ\text{С}$$

$$t = 90^\circ\text{С}$$

Формула расчета

сопротивления:

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

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

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

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

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?



□-?

$$\text{кпд} = \eta = 80\% = 0,8$$

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

$$S = 0,84 \text{ мм}^2$$

$$U = 220 \text{ В}$$

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

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

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

$$t_0 = 10^\circ\text{С}$$

$$t = 90^\circ\text{С}$$

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

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 $0,84 \text{ мм}^2$ 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?



□-?

$$\text{кпд} = \eta = 80\% = 0,8$$

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

$$S = 0,84 \text{ мм}^2$$

$$U = 220 \text{ В}$$

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

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

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

$$t_0 = 10^\circ\text{С}$$

$$t = 90^\circ\text{С}$$

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

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

Окончательно:

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

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?



□-?

$$\text{кпд} = \eta = 80\% = 0,8$$

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

$$S = 0,84 \text{ мм}^2$$

$$U = 220 \text{ В}$$

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

$$V_0 = 4 \text{ л} = 0,004 \text{ м}^3$$

$$c_0 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$$

$$t_0 = 10 \text{ °С}$$

$$t = 90 \text{ °С}$$

Подставим значения и проведем действия с наименованиями

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

Получим: $l \approx 29,04 \text{ м}$

Ответ: длина нихромовой проволоки, из которой изготовлен кипятильник примерно 29,04 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

$$R = \frac{RS}{\rho_{y.c.}}$$

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

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

$$Q = \frac{Q_{\text{в}}}{\eta}$$

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

Спасибо!
Переходите к
следующей части
курса