

Электротехника и электроника

Ефремова Т.П. , Власова Е.Ю.
ТМ-26D
СФТИ НИЯУ МИФИ СПО

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

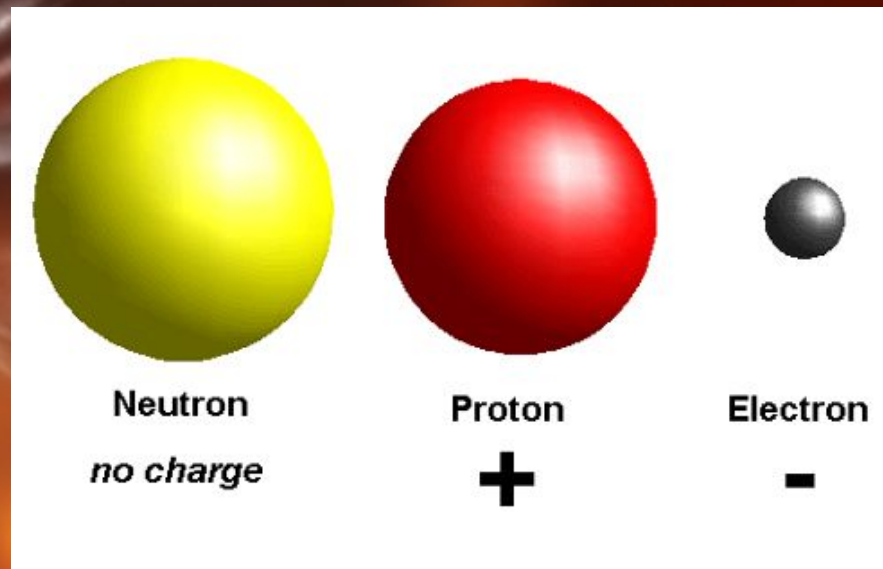
Электротехника - это область науки и техники, изучающая электрические и магнитные явления и их использование в практических целях получения, преобразования, передачи и потребления электрической энергии.

Электрический ток.

- Все вещества в природе состоят из мельчайших частиц «молекул»
- Молекулы состоят из еще меньших частиц «атомов»
- Атом является сложной мельчайшей частицей состоящей из «протонов» «электронов» «нейтронов»

Электрический заряд

Электрический заряд – это физическая величина, характеризующая свойство частиц или тел вступать в

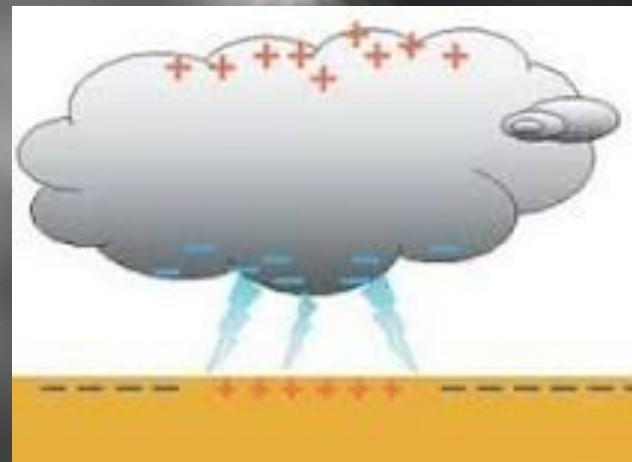


Электрический заряд – это физическая величина, характеризующая свойство частиц или тел вступать в электромагнитные силовые взаимодействия.

Электрический заряд обычно обозначается буквами q или Q .

Возникновение молнии

Молния - это мощный электрический разряд. Он возникает при сильной электризации туч или земли. Поэтому разряды молнии могут происходить или внутри облака, или между соседними наэлектризованными облаками, или между наэлектризованным облаком и землей.



Закон Кулона

Силы взаимодействия неподвижных зарядов прямо пропорциональны произведению модулей зарядов и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Напряженность электрического поля

Напряженностью электрического поля называют физическую величину, равную отношению силы, с которой **поле** действует на положительный пробный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда: **Напряженность электрического поля** – векторная физическая величина.



$$E = \frac{F}{q} = \frac{q}{4\pi \cdot r^2 \cdot \epsilon\epsilon_0}$$

Напряженность электрического поля

- Напряженностью электрического поля называют физическую величину, равную отношению силы, с которой поле действует на положительный пробный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда: **Напряженность электрического поля** – векторная физическая величина.

$$E = \frac{F}{q} = \frac{q}{4\pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0}$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{q}{4\pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0} = \frac{4 \cdot 10^{-11} \cdot 36\pi}{4\pi \cdot (4 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 1 \cdot 10^{-9}}$$
$$\varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi}$$

Задача:

- Определить напряженность электрического поля в точке А от двух разнополярных электрических зарядов.

$4 \cdot 10^{-11}$

рядов.

q_1 $4 \cdot 10^{-11}$ Кл

$r = 5$ см

q_2 $6 \cdot 10^{-11}$

$5 = \sqrt{3^2 + 4^2}$

$r_2 = 3$ см

$\varphi = 90^\circ$

E_1

E_2

$E = E_1 + E_2$

A

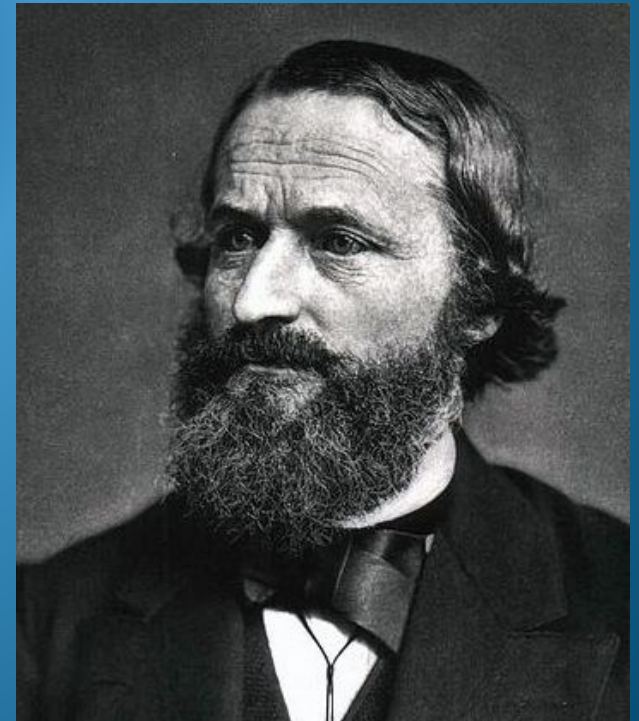
$r_1 = 4$ см

$$E = \frac{F}{q} = \frac{q}{4\pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0} = \frac{4 \cdot 10^{-11} \cdot 36\pi}{4\pi \cdot (4 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 1 \cdot 10^{-9}}$$
$$\varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi}$$

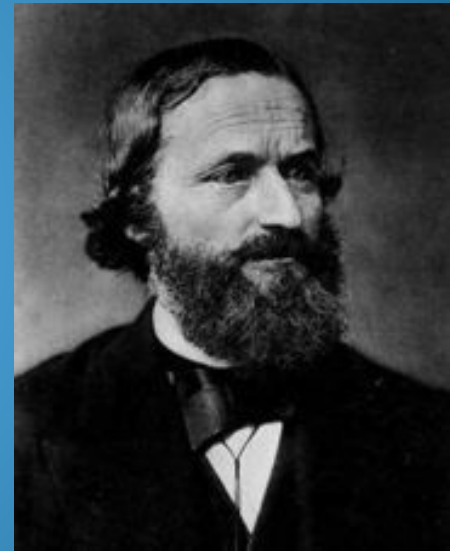
Кирхгофа

Густав Кирхгоф пополнил широкую плеяду физиков в 19-м веке. В то время Германия была на грани индустриальной революции и очень нуждалась в новых технологиях и передовых открытиях. В это же время многими учёными велись постоянные разработки, которые были направлены на ускорение промышленного развития страны.

Стоит сказать, что середина 19-го века связана с активными исследованиями электричества и электрических цепей. В этот период было сделано много основных открытий в этой области. На тот момент было понятно, что электричество станет широко использоваться в будущем и станет основой технической революции.



Проблема была в другом – ведь, несмотря на то, что из проводов и различных элементов легко можно было составить электрическую цепь, знаний о них, чтобы провести математические расчёты на тот момент было явно недостаточно. Стало быть, нельзя было просчитать их свойства. Работа многих учёных, в том числе и Кирхгофа, помогла решить эту проблему.



Первый закон Кирхгофа

Первый закон

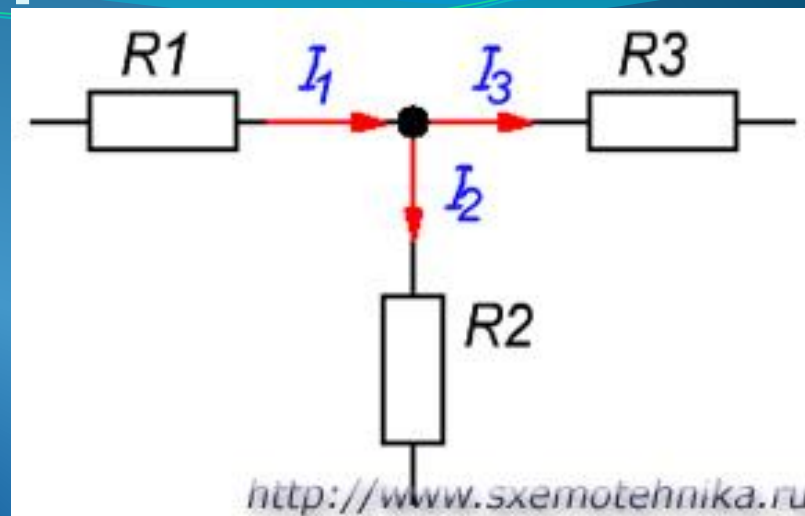
Кирхгофа Формулировка №1:

Сумма всех токов, втекающих в узел, равна сумме всех токов, вытекающих из узла.

Формулировка №2:

Алгебраическая сумма всех токов узле равна нулю.

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$



Узел электрической цепи

Здесь ток I_1 - ток, втекающий в узел, а токи I_2 и I_3 — токи, вытекающие из узла. Тогда применяя формулировку №1, можно записать:

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (1)$$

Что бы подтвердить справедливость формулировки №2, перенесем токи I_2 и I_3 в левую часть выражения (1), тем самым получим:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad (2)$$

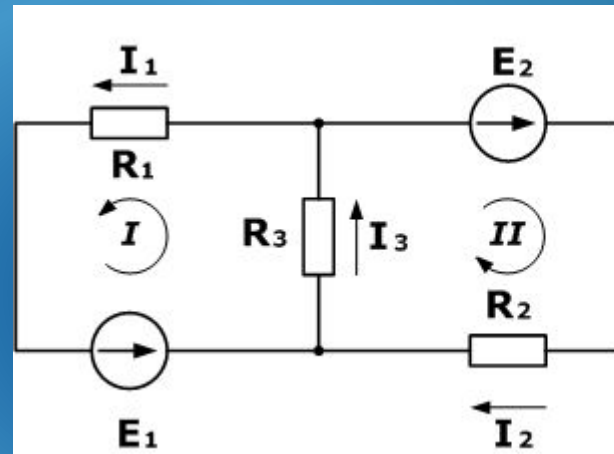
Знаки «минус» в выражении (2) и означают, что токи вытекают из узла. Знаки для втекающих и вытекающих токов можно брать произвольно, однако в основном всегда втекающие токи берут со знаком «+», а вытекающие со знаком «-» (например как получилось в выражении (2)).

Кирхгофа

Дана схема, и известны сопротивления резисторов и ЭДС источников. Требуется найти **ТОКИ** в ветвях, используя законы Кирхгофа.

Используя первый закон Кирхгофа, можно записать $n-1$ уравнений для цепи. В нашем случае количество узлов $n=2$, а значит нужно составить только одно уравнение.

Напомним, что по первому закону, сумма токов сходящихся в узле равна нулю. При этом, условно принято считать входящие токи в узел положительными, а выходящими отрицательными.



Дано

$$R_1 = 100 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 150 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 150 \text{ Ом}$$

$$E_1 = 75 \text{ В}$$

$$E_2 = 100 \text{ В}$$

$$I_1, I_2, I_3 = ?$$

Значит для нашей задачи:

$$I_3 - I_1 - I_2 = 0$$

Затем используя второй закон (сумма падений напряжения в независимом контуре равна сумме ЭДС в нем) составим уравнения для первого и второго контуров цепи. Направления обхода выбраны произвольными, при этом если направление тока через резистор совпадает с направлением обхода, берем со знаком плюс, и наоборот если не совпадает, то со знаком минус. Аналогично с источниками ЭДС.

На примере первого контура – ток I_1 и I_3 совпадают с направлением обхода контура (против часовой стрелки), ЭДС E_1 также совпадает, поэтому берем их со знаком плюс.

Уравнения для первого и второго контуров по второму закону будут:

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1$$

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2$$

Все эти три уравнения образуют систему:

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1 \\ R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2 \\ I_3 - I_1 - I_2 = 0 \end{cases}$$

Подставив известные значения и решив данную линейную систему уравнений, найдем токи в ветвях (способ решения может быть любым).

ОТВЕТ:

$$\begin{cases} I_1 = 0,143 \\ I_2 = 0,262 \\ I_3 = 0,405 \end{cases}$$

ВТОРОЙ ЗАКОН КИРХГОФА

Второй закон Кирхгофа определяет зависимость между падениями напряжений и ЭДС в замкнутых контурах и имеет следующий вид и определение:

алгебраическая сумма (с учетом знака) падений напряжений на всех ветвях любого замкнутого контура цепи, равна алгебраической сумме ЭДС ветвей этого контура.

При отсутствии в контуре ЭДС сумма падений напряжений равна 0.

$$\sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^m U_i = \sum_{i=1}^m R_i \cdot I_i$$

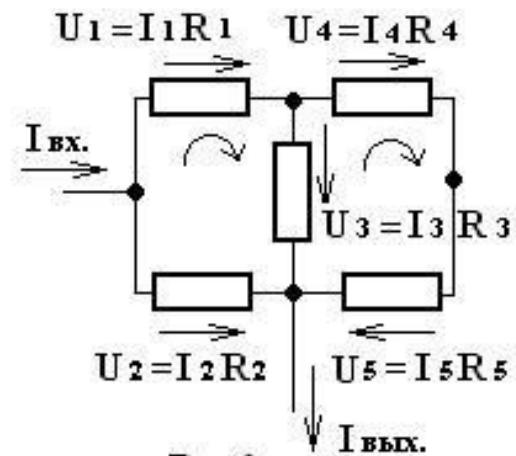


Рис.3

Теперь несколько пояснений по практическому применению этого правила Кирхгофа:

поскольку, алгебраическая сумма требует учета знака следует выбрать направление обхода контура, токи и напряжения, совпадающие с этим направлением считать положительными, иные - отрицательными. При затруднении в определении направления тока, возьмите произвольное, если в результате вычислений получите результат со знаком "-", поменяйте выбранное направление на противоположенное.

для нашего примера можно записать:

$$U_1 + U_3 - U_2 = 0$$

$$U_4 + U_5 - U_3 = 0$$

кроме того, руководствуясь первым правилом Кирхгофа:

$$\begin{aligned} I_{\text{вх}} - I_1 - I_2 &= 0 \\ I_1 - I_3 - I_4 &= 0 \end{aligned}$$

$$I_4 - I_5 = 0$$

$$I_2 + I_3 + I_5 - I_{\text{вых}} = 0,$$

получаем систему из 6 уравнений, полностью описывающую рассматриваемую электрическую цепь.

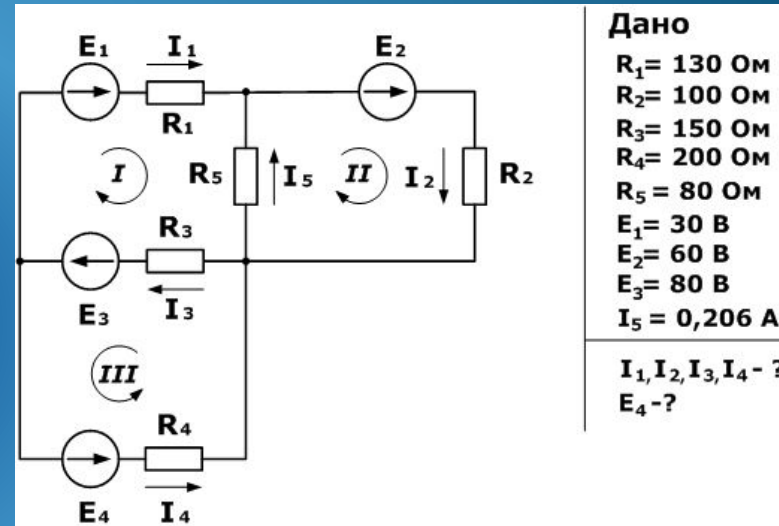
Кирхгофа

Зная сопротивления резисторов и ЭДС трех источников найти ЭДС четвертого и токи в ветвях.

Как и в предыдущей задаче начнем решение с составления уравнений на основании первого закона Кирхгофа. Количество уравнений $n-1=2$

$$I_3 - I_1 - I_4 = 0$$

$$I_5 + I_1 - I_2 = 0$$



$$R_1 I_1 + R_3 I_3 - R_5 I_5 = E_1 + E_3$$

$$R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_2$$

$$R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_3 + E_4$$

Затем составляем уравнения по второму закону для трех контуров. Учитываем направления обхода, как и в предыдущей задаче.

На основании этих уравнений составляем систему с 5-ью неизвестными

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 - R_5 I_5 = E_1 + E_3 \\ R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_2 \\ R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_3 + E_4 \\ I_3 - I_1 - I_4 = 0 \\ I_5 + I_1 - I_2 = 0 \end{cases}$$

Решив эту систему любым удобным способом, найдем неизвестные величины

$$\begin{cases} I_1 = 0,229 \\ I_2 = 0,435 \\ I_3 = 0,645 \\ I_4 = 0,416 \\ E_4 = 100 \end{cases}$$

Для этой задачи выполним проверку с помощью баланса мощностей, при этом сумма мощностей, отданная источниками, должна равняться сумме мощностей полученных приемниками.

$$I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 = E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 + E_4 I_4$$

$$126.2 \approx 126.2 \text{ Вт}$$