

# ЗАКОНЫ КИРХГОФА



## ГУСТАВ РОБЕРТ КИРХГОФ (1824-1887)

Gustav Robert Kirchhoff  
Немецкий физик, один  
из великих физиков  
XIX века.

# ЗАКОНЫ КИРХГОФА

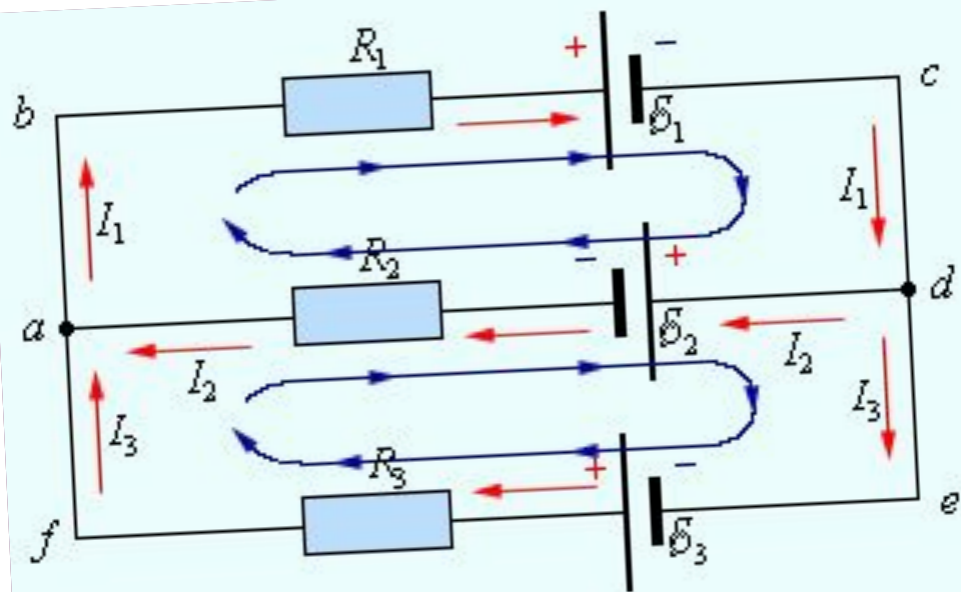
**Зако́ны Кирхго́фа** – два *правила*, основанные на *законах сохранения заряда и энергии*, которые применимы к цепям электрического тока. Сформулированы Густавом Кирхгофом в 1845 году.

# ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ КИРХГОФА

Законы Кирхгофа позволяют рассчитывать любые электрические цепи постоянного тока. Применение законов Кирхгофа к линейной цепи позволяет получить систему линейных уравнений относительно токов и найти значение токов на всех ветвях цепи.

# ФОРМУЛИРОВКА

Для формулировки законов Кирхгофа, в электрической цепи выделяются *узлы* — точки соединения трёх и более проводников — и *контуры* — замкнутые пути из проводников. При этом каждый проводник может входить в несколько контуров.



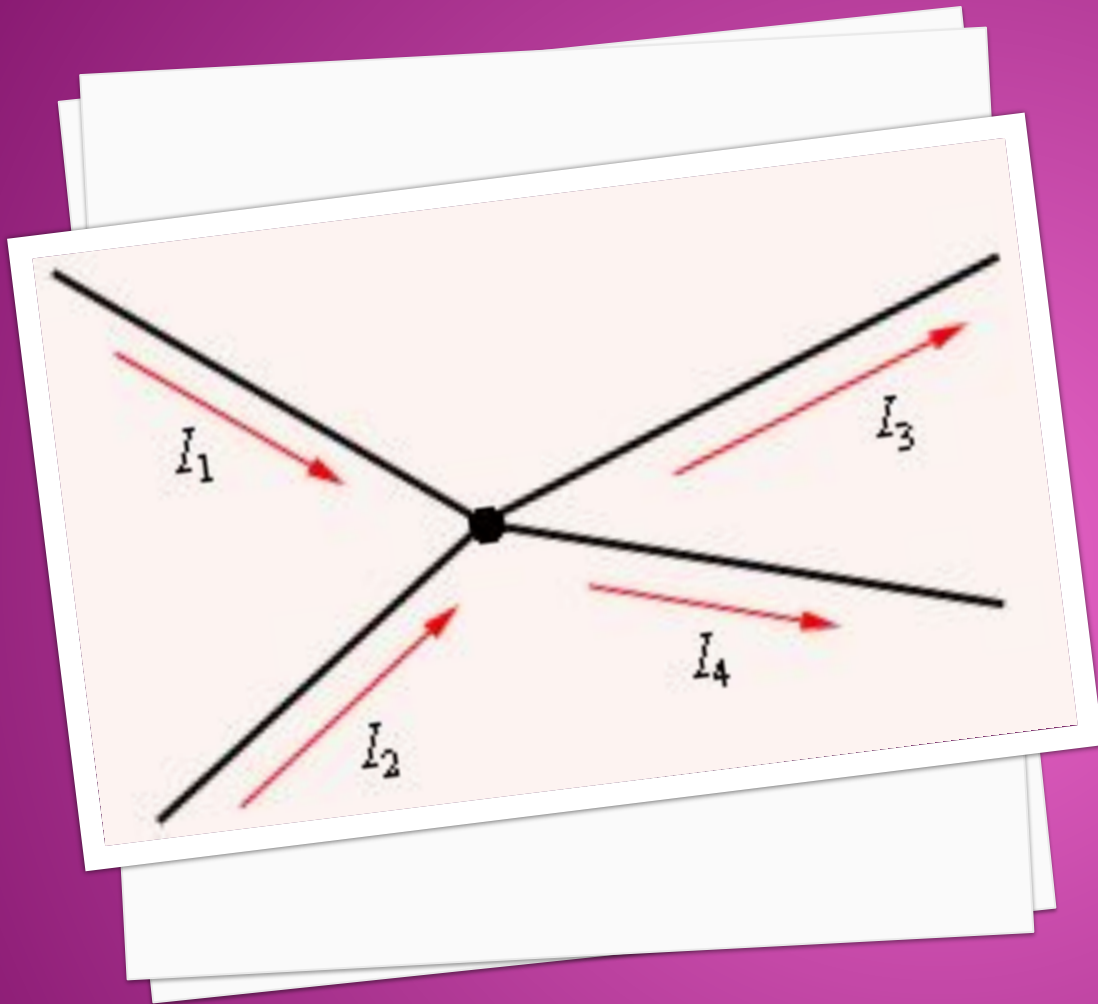
УЗЛЫ:  $a$  и  $d$   
 КОНТУРЫ:  $abcd$ ,  
 $adef$  и  $abcdef$

# ПЕРВЫЙ ЗАКОН КИРХГОФА (ЗАКОН ТОКОВ КИРХГОФА)

Алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле электрической цепи, равна нулю:

$$\sum_{j=1}^n I_j = 0.$$

Устанавливать знаки для входящих и исходящих токов можно произвольно, но обычно придерживаются *правила знаков*: токи, входящие в узел, берутся со знаком "+", а выходящие из узла - со знаком "-".



$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$



# ПЕРВЫЙ ЗАКОН КИРХГОФА

Иными словами, сколько тока втекает в узел, столько из него и вытекает.

Данный закон следует из *закона сохранения заряда*.

Если цепь содержит  $p$  узлов, то она описывается  $p - 1$  уравнениями токов.

Этот закон может применяться и для других физических явлений (к примеру, водяные трубы), где есть закон сохранения величины и поток этой величины.

# ВТОРОЙ ЗАКОН КИРХГОФА (ЗАКОН НАПРЯЖЕНИЙ КИРХГОФА)

Алгебраическая сумма падений напряжений по любому замкнутому контуру цепи равна алгебраической сумме ЭДС, действующих вдоль этого же контура:

Для *постоянных* напряжений:

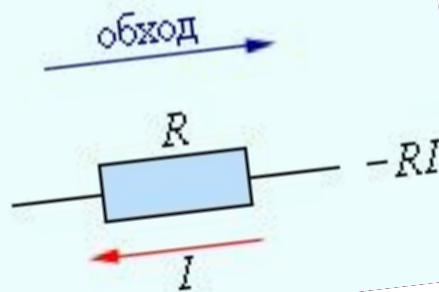
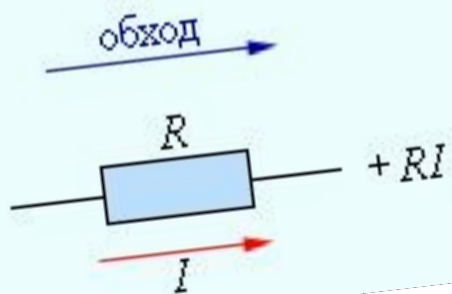
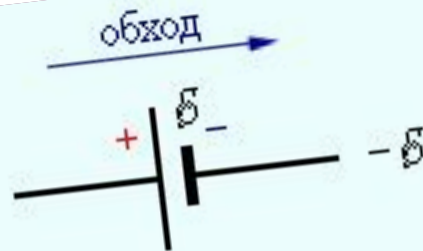
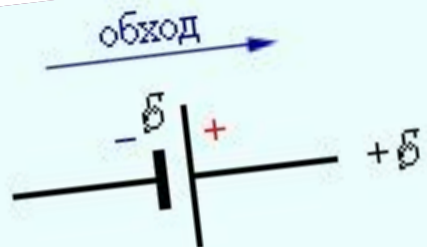
$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^m U_k = \sum_{k=1}^m R_k I_k;$$

Для *переменных* напряжений:

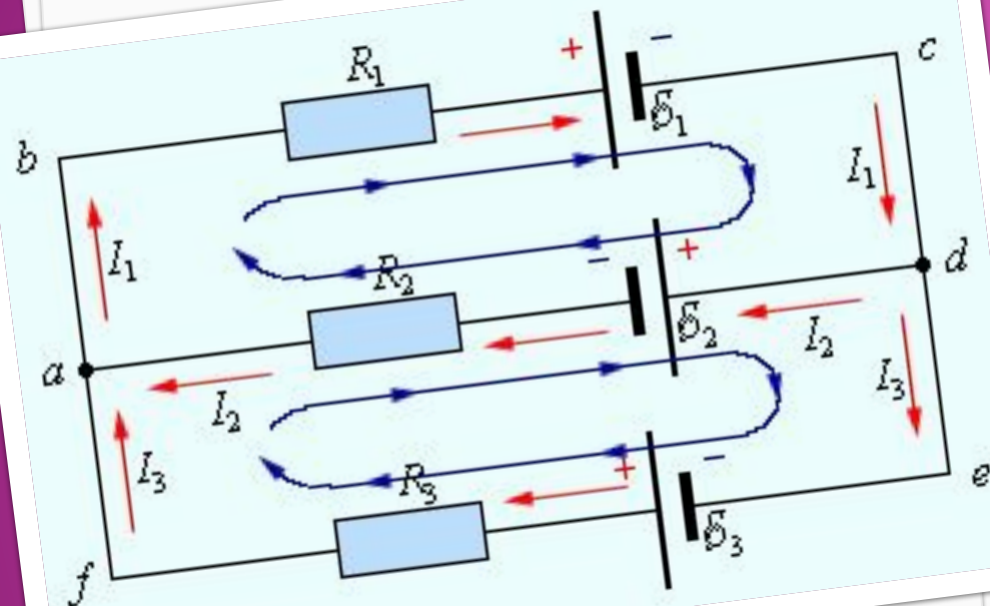
$$\sum_{k=1}^n e_k = \sum_{k=1}^m u_k = \sum_{k=1}^m R_k i_k + \sum_{k=1}^m u_{Lk} + \sum_{k=1}^m u_{Ck}.$$

# ВТОРОЙ ЗАКОН КИРХГОФА

Перед записью уравнения по второму закону Кирхгофа выбирают направление обхода по замкнутому контуру (по часовой стрелке или против). Здесь так же принято *правило знаков*: слагаемые, в которых ток и ЭДС совпадают по направлению с выбранным направлением обхода контура, берутся со знаком плюс "+", в противном случае берутся со знаком минус "-".



ПРАВИЛО  
ЗНАКОВ



ДЛЯ КОНТУРА *abcd*:

$$-E_1 - E_2 = U_1 + U_2$$

ДЛЯ КОНТУРА *adef*:

$$E_2 + E_3 = -U_2 + U_3$$

ДЛЯ КОНТУРА *abcdef*:

$$-E_1 + E_3 = U_1 + U_3$$

где

$$U_1 = I_1 R_1$$

$$U_2 = I_2 R_2$$

$$U_3 = I_3 R_3$$

по закону Ома

## ВТОРОЙ ЗАКОН КИРХГОФА

Иными словами, при обходе цепи по контуру, потенциал, изменяясь, возвращается к исходному значению.

Если цепь содержит  $m$  ветвей, из которых содержат источники тока ветви в количестве  $m_i$ , то она описывается  $m - m_i - (p - 1)$  уравнениями напряжений.

Частным случаем второго закона Кирхгофа для цепи, состоящей из одного контура, является закон Ома для этой цепи.

# СПРАВЕДЛИВОСТЬ ЗАКОНОВ КИРХГОФА

**Законы Кирхгофа  
справедливы для  
линейных и нелинейных  
цепей при любом  
характере изменения во  
времени токов и  
напряжений.**

# ПРАВИЛА КИРХГОФА

«Законы Кирхгофа» также именуют «Правилами Кирхгофа», ибо они не отражают фундаментальных сущностей природы (и не являются обобщением большого количества опытных данных), а могут быть выведены из других положений и предположений.