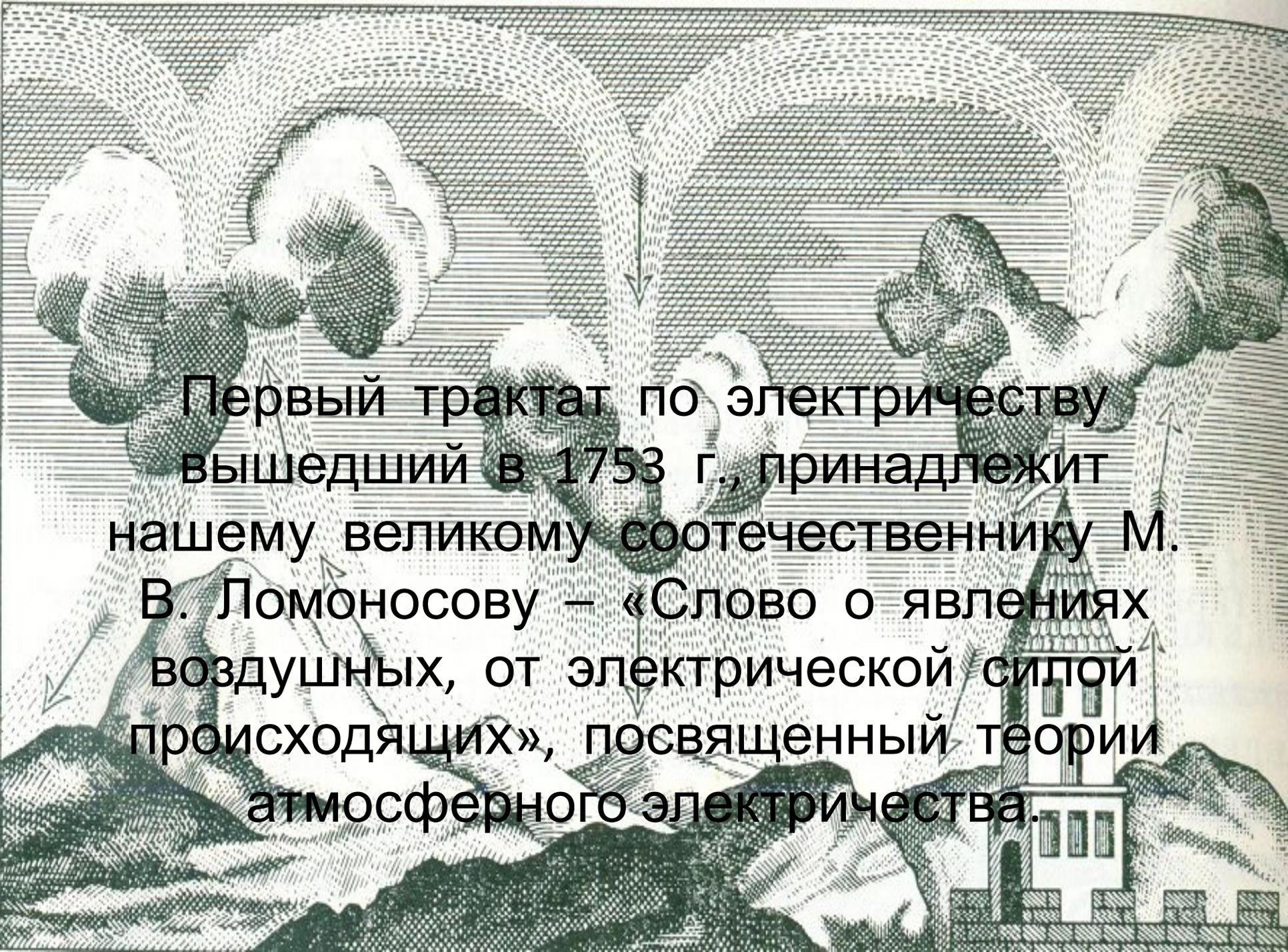


Введение

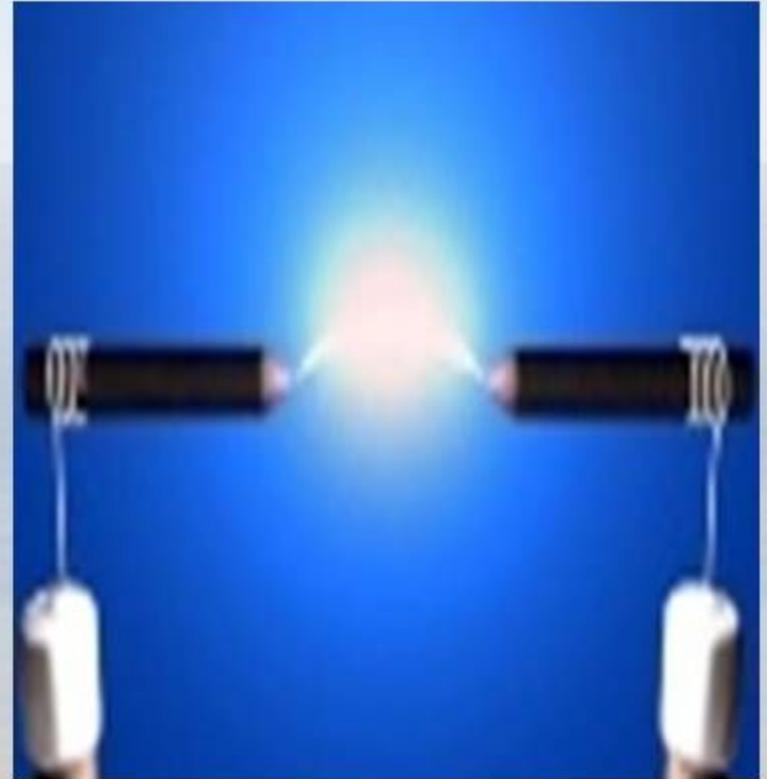
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА



Первый трактат по электричеству
вышедший в 1753 г., принадлежит
нашему великому соотечественнику М.
В. Ломоносову – «Слово о явлениях
воздушных, от электрической силой
происходящих», посвященный теории
атмосферного электричества.

Электрическая дуга (дуговой разряд)

В 1802 году русский физик В.В. Петров (1761-1834) установил, что если присоединить к полюсам большой электрической батареи два кусочка древесного угля и, приведя угли в соприкосновение, слегка их раздвинуть, то между концами углей образуется яркое пламя, а сами концы углей раскалятся добела, испуская ослепительный свет.



В 1820 г Эрстед обнаружил действие проводника с током на магнитную стрелку. Этим опытом показали «превращение электричества в магнетизм».

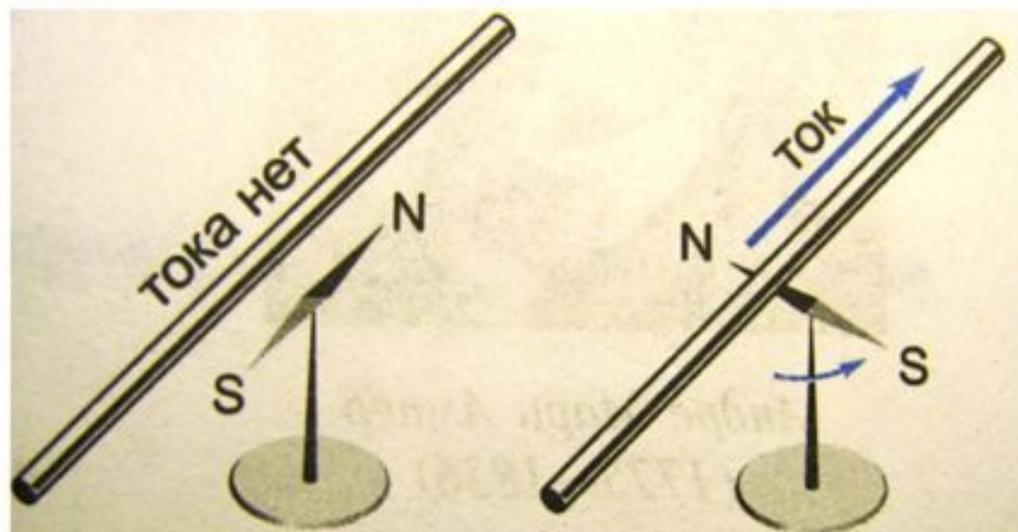
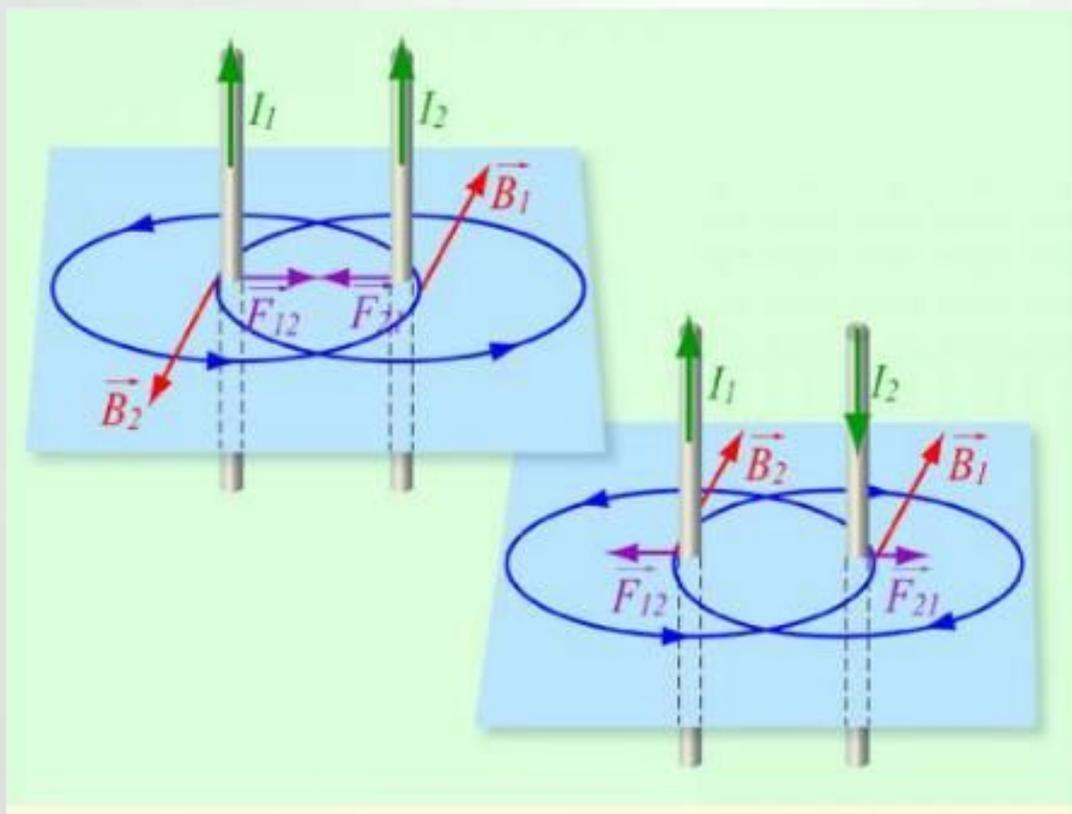


Рис. 12.3. Поворот магнитной стрелки при включении тока.



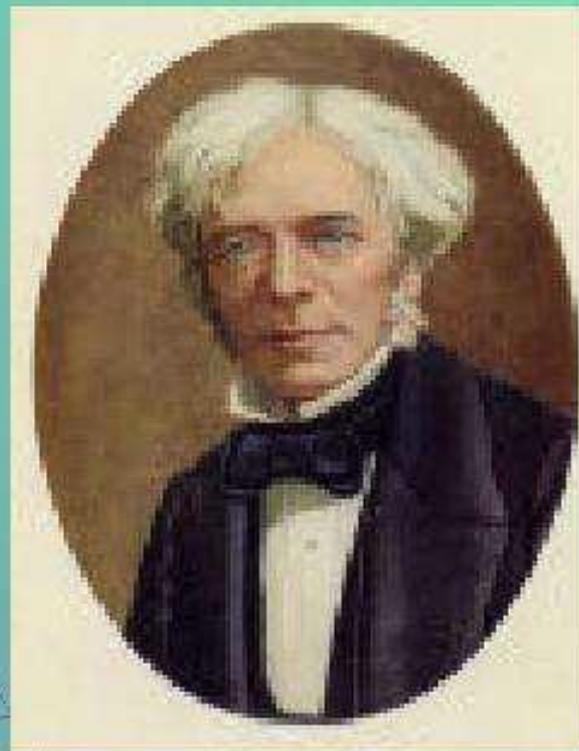
Опыты Ампера

- 1820г. Ампер провел опыты по взаимодействию тонких параллельно расположенных проводников с током



Ампер доказал, что магнитное поле действует на проводник с током

Явление электромагнитной
индукции было открыто
29 августа 1831 г.
Майклом Фарадеем.



Явление электромагнитной индукции заключается в возникновении электрического тока в проводящем контуре, который либо покоится в переменном во времени магнитном поле, либо движется в постоянном магнитном поле таким образом, что число линий магнитной индукции, пронизывающих контур, меняется.

Правило Ленца (было установлено в 1833 г).

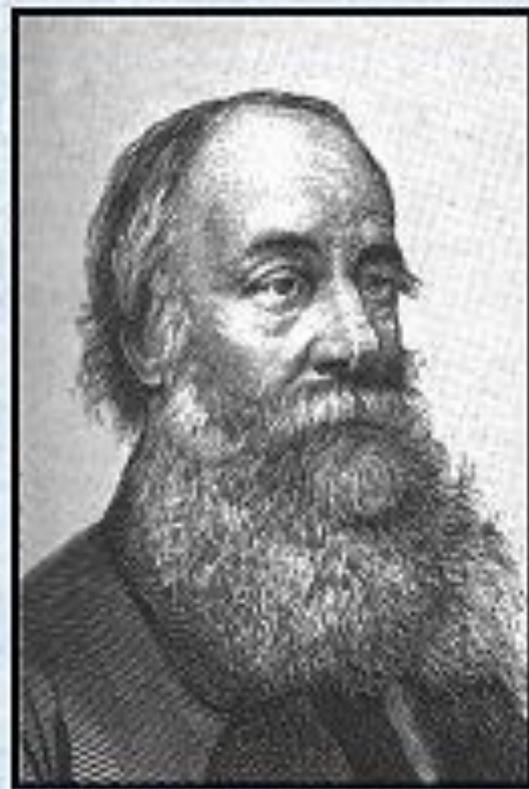
Э.Х. Ленц



■ Возникающий в замкнутом контуре индукционный ток своим магнитным полем противодействует тому изменению магнитного потока, которым он вызван.

Закон Джоуля — Ленца (1840г)

При протекании тока по проводнику происходит превращение электрической энергии в тепловую, причём количество выделенного тепла будет равно работе электрических сил



$$Q = I^2 R \Delta t$$

Джеймс Прескотт Джоуль

Эмилий Христианович Ленц

1845г.

Густав Кирхгоф. Законы Кирхгофа.

Законы Кирхгофа устанавливают соотношения между токами и напряжениями в разветвленных электрических цепях произвольного типа. Законы Кирхгофа имеют особое значение в электротехнике из-за своей универсальности, так как пригодны для решения любых электротехнических задач.

Первый закон Кирхгофа вытекает из закона сохранения заряда. Он состоит в том, что алгебраическая сумма токов, сходящихся в любом узле, равна нулю.

Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма падений напряжений на отдельных участках замкнутого контура, произвольно выделенного в сложной разветвленной цепи, равна алгебраической сумме ЭДС в этом контуре

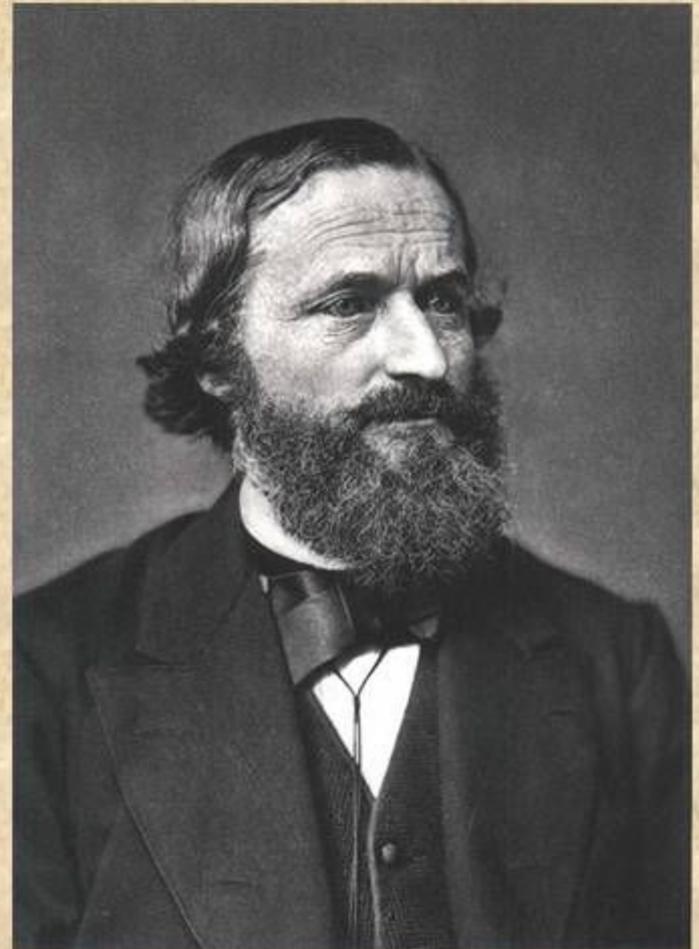
$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i$$

где k - число источников ЭДС; m - число ветвей в замкнутом контуре; I_i , R_i - ток и сопротивление i -й ветви.

Замечание о знаках полученного уравнения:

- 1) ЭДС положительна, если ее направление совпадает с направлением произвольно выбранного обхода контура;
- 2) падение напряжения на резисторе положительно, если направление тока в нем совпадает с направлением обхода.

Сегодня используется для расчета современных электросхем



Первый закон Кирхгофа:

алгебраическая сумма токов в узле равняется нулю (токи, вытекающие из узла, считаются положительными, а втекающие – отрицательными):

$$\sum (\pm i_k) = 0$$

Физический смысл этого закона прост: если бы он не выполнялся, в узле непрерывно накапливался бы электрический заряд, а этого никогда не происходит.

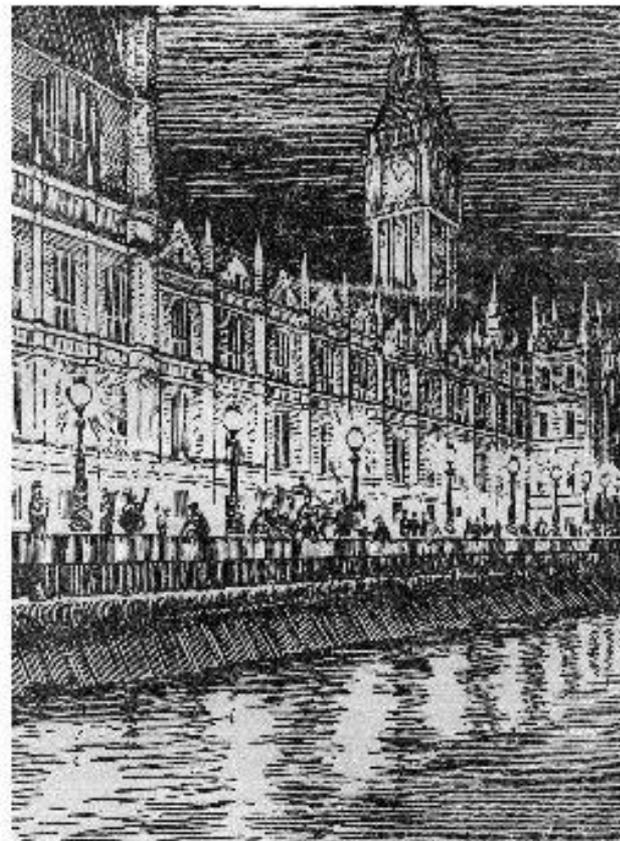
Второй закон Кирхгофа:

в контуре алгебраическая сумма падений напряжения на пассивных элементах равна алгебраической сумме ЭДС и напряжений на зажимах источников тока.

с “+” берутся все слагаемые, положительное направление которых совпадает с выбранным обходом контура:

$$\sum_{k=1}^n \pm u_k = \sum_{k=1}^m \pm e_k \pm \sum_{k=1}^d u_{Jk}$$

Павел Николаевич Яблочков (1847—1894)



- 1876 г. – П. Н. Яблочков (русский инженер) изобрел электрическую свечу, которая положила начало электрическому освещению; он же был и автором реализации использования переменного электрического тока, а так же создал первый в мире трансформатор.



ЛАМПА
ПЯБЛОЧКОВА



ЛАМПА
А.ЛОДЫГИНА



ЛАМПА
Т.ЭДИСОНА

- Период времени с 1800 по 1880 гг. можно считать периодом становления теории и практики цепей постоянного тока.



М.О. Доливо-Добровольский (1862-1919)



Трёхфазный трансформатор.
Это изобретение поставило
точку в споре
постоянного(Эдисон)
и переменного тока

- Петербуржец Доливо-Добровольский закончил Рижский политехнический институт.
- Он изобрёл систему трехфазного тока, первый построил трехфазный трансформатор с передачей энергии на расстояние около 170 км.
- усовершенствовал электромагнитные амперметры и вольтметры для измерения постоянного и переменного токов
- Для различного рода измерительных приборов удачно применил принцип двигателя с вращающимся магнитным полем
- Создал также приборы для устранения в телефонах помех от электрических сетей

Комплексный метод анализа цепей синусоидального тока

1. Выбрать положительное направление токов во всех ветвях, указав их стрелками на схеме.
2. Представить исходные данные о параметрах всех источников и элементов

цепи в комплексной форме: $J(t) \rightarrow \overset{g}{J}$, $e(t) \rightarrow \overset{g}{E}$ и R , X_L , X_C .

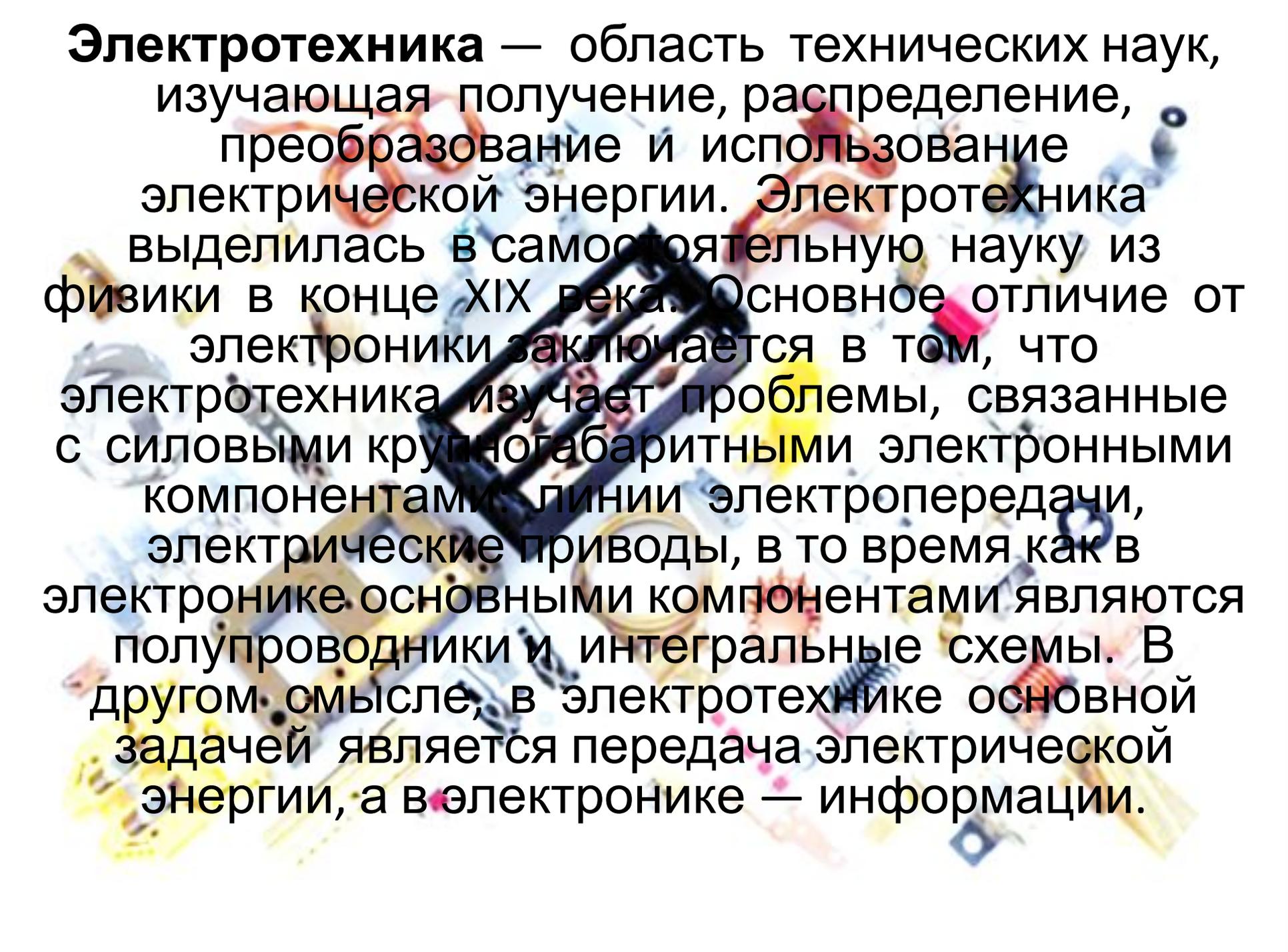
$$e(t) = E_m \sin(\omega t + \psi_e) \rightarrow \overset{g}{E} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} e^{j\psi_e}.$$

$$\underline{Z} = R; \quad \underline{Z} = jx_L = j\omega L = j2\pi fL; \quad \underline{Z} = -jx_C = \frac{1}{j\omega C} = -j\frac{1}{2\pi fC}.$$

3. Пользуясь законами Ома и Кирхгофа в комплексной форме, составить систему уравнений и определить комплексные значения токов во всех ветвях схемы.

4. Перейти от комплексных значений токов (напряжений) к их мгновенным значениям $i(t)$ или $u(t)$.

Введение американским инженером Штейнметцем комплексного метода расчета цепей переменного тока.



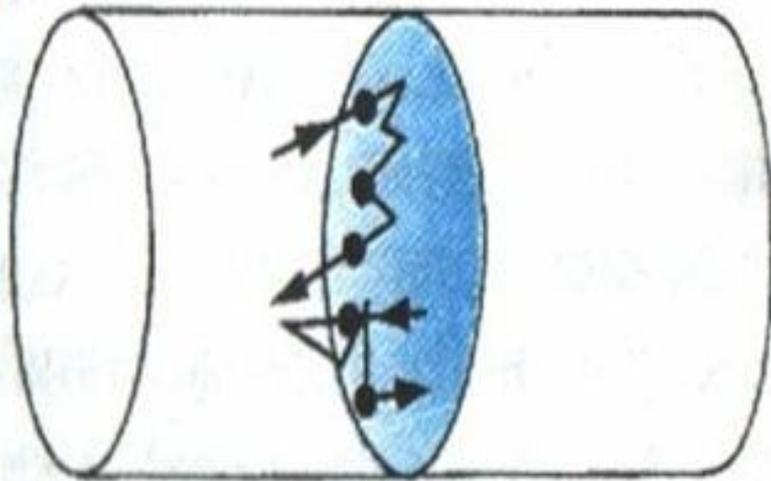
Электротехника — область технических наук, изучающая получение, распределение, преобразование и использование электрической энергии. Электротехника выделилась в самостоятельную науку из физики в конце XIX века. Основное отличие от электроники заключается в том, что электротехника изучает проблемы, связанные с силовыми крупногабаритными электронными компонентами: линии электропередачи, электрические приводы, в то время как в электронике основными компонентами являются полупроводники и интегральные схемы. В другом смысле, в электротехнике основной задачей является передача электрической энергии, а в электронике — информации.

Схемотехника, научно-техническое направление, охватывающее проблемы проектирования и исследования схем электронных устройств радиотехники и связи, вычислительной техники, автоматики и др. областей техники.

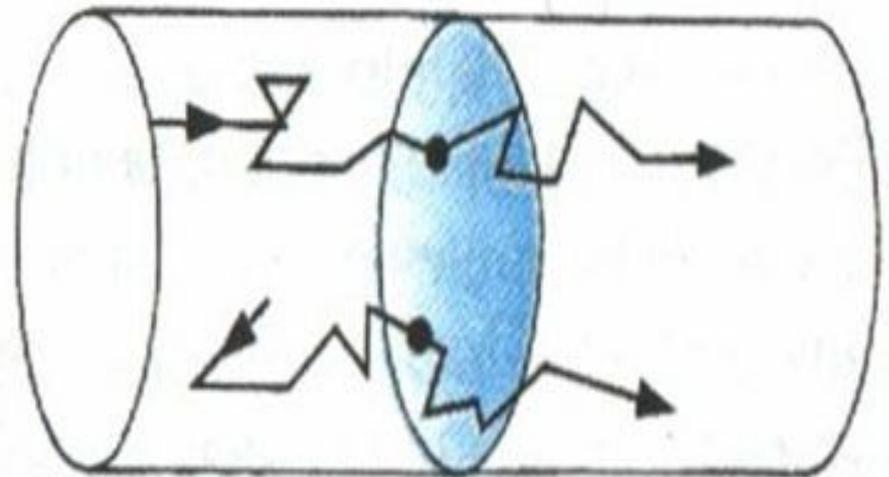
Основная задача Схемотехника — синтез (определение структуры) электронных схем, обеспечивающих выполнение определённых функций, и расчёт параметров входящих в них элементов.

Термин «Схемотехника» появился в 60-х гг. 20 в. в связи с разработкой унифицированных схем, пригодных одновременно для многих применений.

Электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц.



Беспорядочное движение свободных частиц



Движение свободных частиц под действием электрического поля

Условиями возникновения электрического тока являются:

- 1) наличие источника электрической энергии;
- 2) замкнутость пути, по которому перемещаются заряды.

Обозначается величина постоянного тока буквой I . Измеряется ток в амперах, [А]. Величина тока I определяется количеством электричества (зарядов) q , проходящим через поперечное сечение проводника в единицу времени t :

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Постоянный электрический ток и сила тока

- **Силой тока** называется скалярная физическая величина, которая равна количеству электрических зарядов, переносимых током через сечение проводника за единицу времени
- **Постоянным** называется электрический ток, сила которого сохраняется в течение времени

$$I = \frac{q}{t}$$

$$I = en\bar{v}S$$

ЗАКОН ОМА

ДЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

ПОКАЗЫВАЕТ, ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ СИЛА ТОКА В ПРОВОДНИКЕ

Для участка цепи

Для полной цепи

Сила тока:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

1. Прямо пропорциональна разности потенциалов (напряжению или в полной – ЭДС источника тока)
2. Обратно пропорциональна сопротивлению

U – напряжение, [В] ε – ЭДС, [В]

R – сопротивление, [Ом]

Сопротивление – свойство проводника препятствовать прохождению в нём электрического тока. Обусловлено трением свободных электронов о ионы кристаллической решётки металла. Вследствие сопротивления проводник нагревается при прохождении тока.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

ρ – удельное сопротивление, [Ом · м]

Обратные величины:
электропроводность

$D = \frac{1}{R}$ [Ом⁻¹] $\gamma = \frac{1}{\rho}$ γ – удельная электропроводность, [Ом⁻¹ · м]



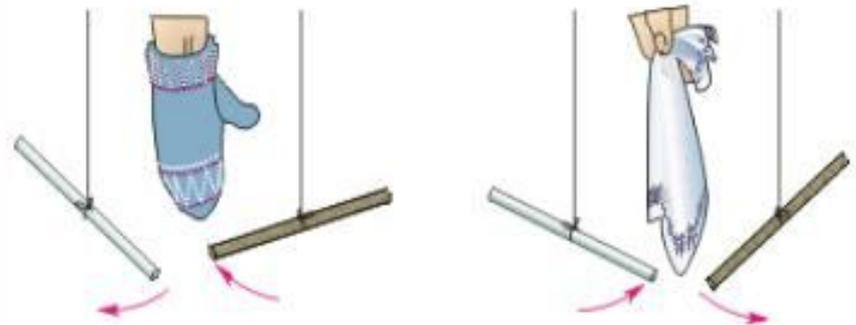
$$J = \gamma \cdot E$$

Электрическое поле

Электрическое поле – это вид материи, при помощи которого осуществляются электрические взаимодействия.

Свойства электрического поля:

- материально;
- существует независимо от нас и наших знаний о нем;
- распространяется в пространстве со скоростью 300000 км/с;
- сильнее вблизи заряда, с расстоянием ослабевает.



Силовой характеристикой электрического поля является напряженность. Обозначается напряженность E , измеряется в В/м.

Напряженность каждой точки электрического поля характеризуется силой, с которой поле действует на единицу заряда, помещенного в эту точку и определяет

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad \text{э:}$$

где, E – напряженность электрического поля, F – сила действующая на заряд, q – электрический заряд.

Электрический заряд

Электрический заряд – это физическая величина, определяющая интенсивность электромагнитных взаимодействий.

Обозначение - q или Q

Единица измерения — 1 Кл (Кулон) = 1 А·1 с

$$q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

- элементарный электрический заряд

Заряд электрона - предел делимости электрического заряда, поэтому его называют элементарным зарядом. До настоящего времени обнаружить более мелкий заряд не удалось.

$Q = \pm Ne$ - общий заряд тела, где $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$.

Закон сохранения электрического заряда

$$q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$$

До взаимодействия

После взаимодействия

При любых взаимодействиях тел их полный электрический заряд остаётся неизменным

Физический смысл потенциала

$$\varphi = \frac{A_{\infty}}{q_{0+}}$$

- **Потенциал** – физическая величина, определяемая работой по перемещению единичного положительного заряда из данной точки в бесконечность.

Когда говорят о потенциале, то имеют ввиду разность потенциалов $\Delta\varphi$ между рассматриваемой точкой и точкой, потенциал φ которой принят за 0.

Потенциал φ данной точки физического смысла не имеет, так как нельзя определить работу в данной точке.

Напряжение

Электрическое напряжение определяется по формуле:

$$U = \frac{A}{q}$$

Следовательно, напряжение равно отношению работы тока на данном участке к электрическому заряду, прошедшему по этому участку.

Электродвижущая сила

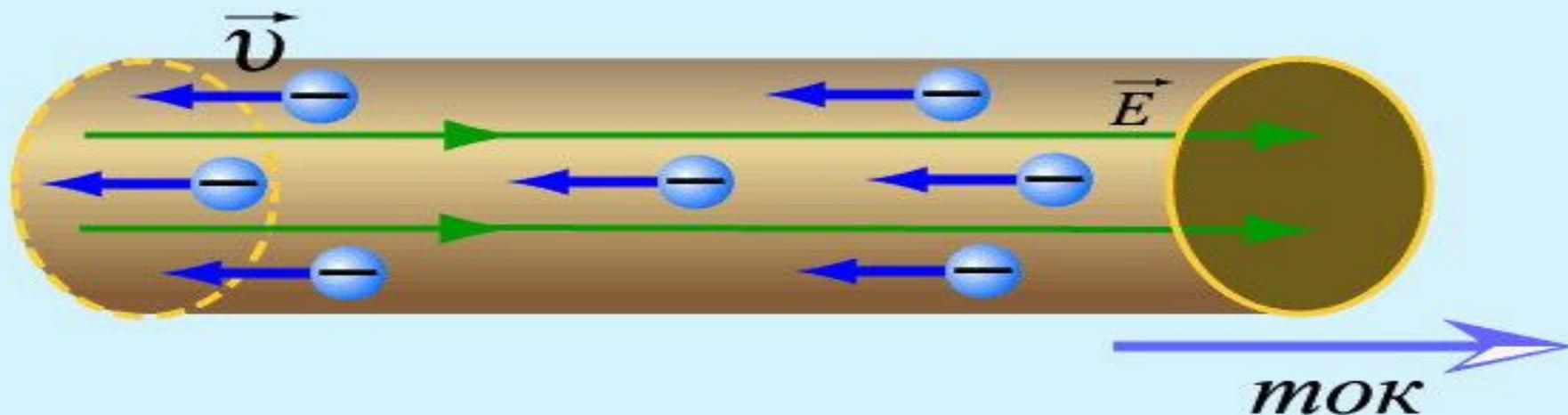
Действие сторонних сил характеризуется важной физической величиной, называемой электродвижущей силой (сокращённо **ЭДС**).

Электродвижущая сила в замкнутом контуре представляет собой отношение работы сторонних сил при перемещении заряда вдоль контура к заряду:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{СТ}}}{q}$$

ЭДС выражают в вольтах: **[\mathcal{E}]** = Дж/Кл = **В**

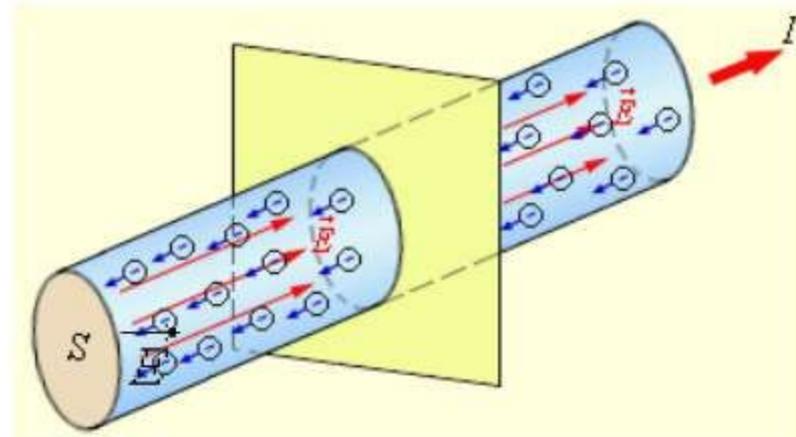
Скорость распространения электрического тока равна скорости распространения электромагнитных волн (в вакууме она составляет 299 792 458 метров в секунду или примерно 300 000 км/с). Несмотря на это скорость направленного движения частиц в проводниках намного меньше и зависит от материала проводника, массы и заряда частиц. За 1 с электроны в проводнике перемещаются за счет упорядоченного движения меньше чем на 0,1 мм.



Электрический ток. Сила тока, напряжение, электрическое сопротивление.

$$R = \frac{U}{I},$$

- **Электрическое сопротивление** — скалярная физическая величина, характеризующая свойства проводника и равная отношению напряжения на концах проводника к силе электрического тока, протекающему по нему;
- где ρ — **удельное сопротивление** вещества проводника,
- l — длина проводника,
- S — площадь сечения.



$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

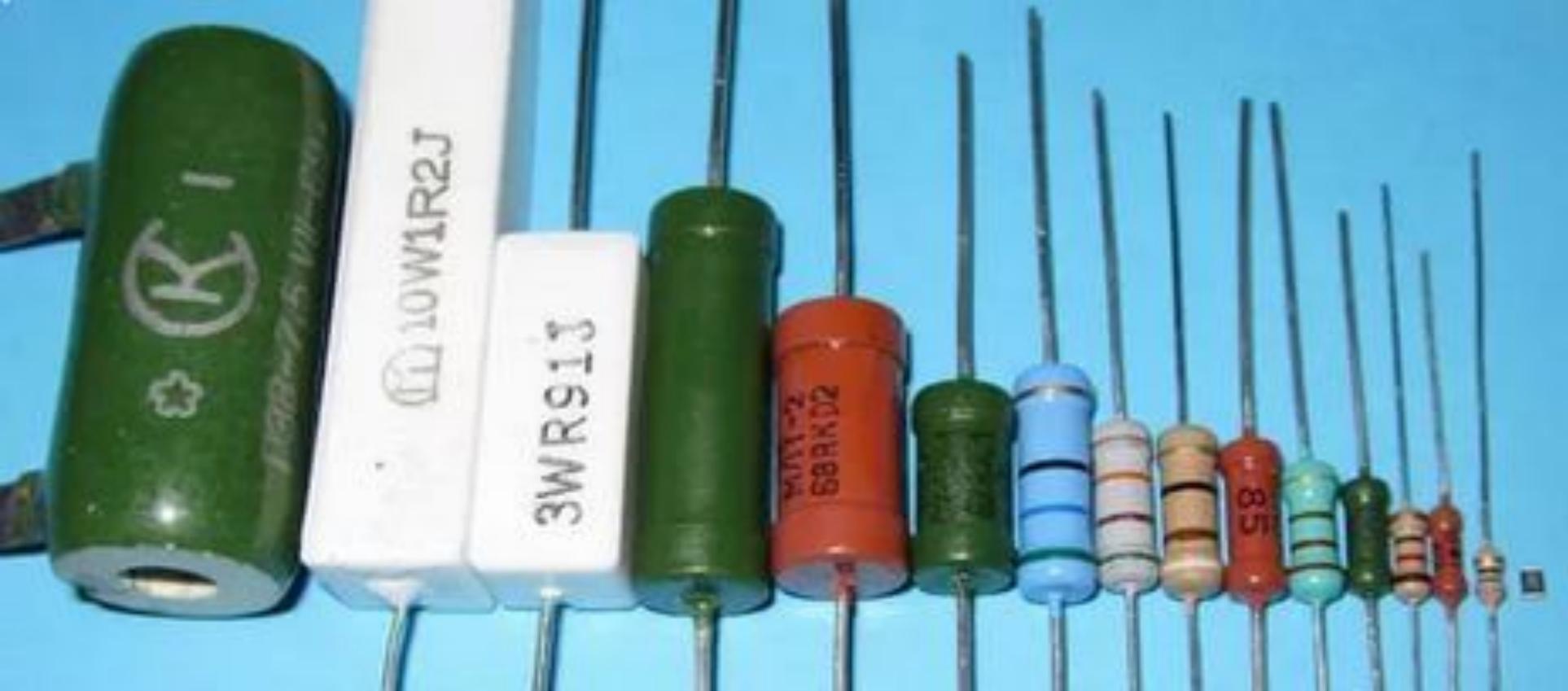
Электрическая проводимость

$$G = \frac{I}{U} = \frac{1}{R},$$

где R – электрическое сопротивление
пассивного двухполюсника,

I – сила тока, U – напряжение.

проводимость – величина обратная
сопротивлению. Единицей проводимости
является сименс (См).



Резистор — пассивный элемент электрической цепи, в идеале характеризуемый только сопротивлением электрическому току, то есть для идеального резистора в любой момент времени должен выполняться закон Ома для участка цепи. Резистор преобразует большинство электрической энергии в тепловую.

Закон Ома(для участка цепи)

Сила тока в однородном проводнике прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника:

$$I=U:R$$

I- сила тока, (А)

U- напряжение, (В)

R- электрическое
сопротивление, (Ом)

Электрическая цепь – это совокупность устройств, предназначенных для получения, передачи, преобразования и использования электрической энергии.



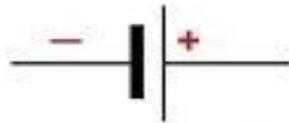
Электрическая цепь включает в себя:

- Источник (генератор, аккумулятор)
- Потребитель (освещение, двигатели)
- Передающие, переключающие и измерительные устройства, устройства защиты.



Условное обозначение элементов электрической цепи

источники
тока



гальванический
элемент

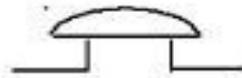


батарея
элементов

потребители



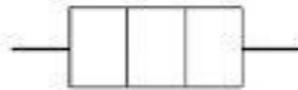
лампочка



звонил

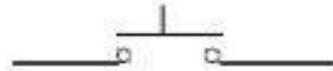


резистор

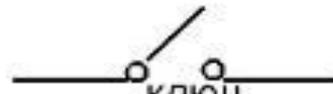


нагревательный
элемент

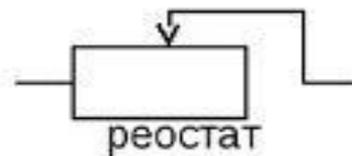
управляющие
элементы



кнопка



ключ

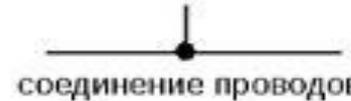


реостат



предохранитель

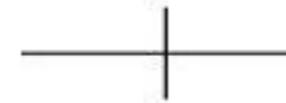
провода



соединение проводов



клеммы

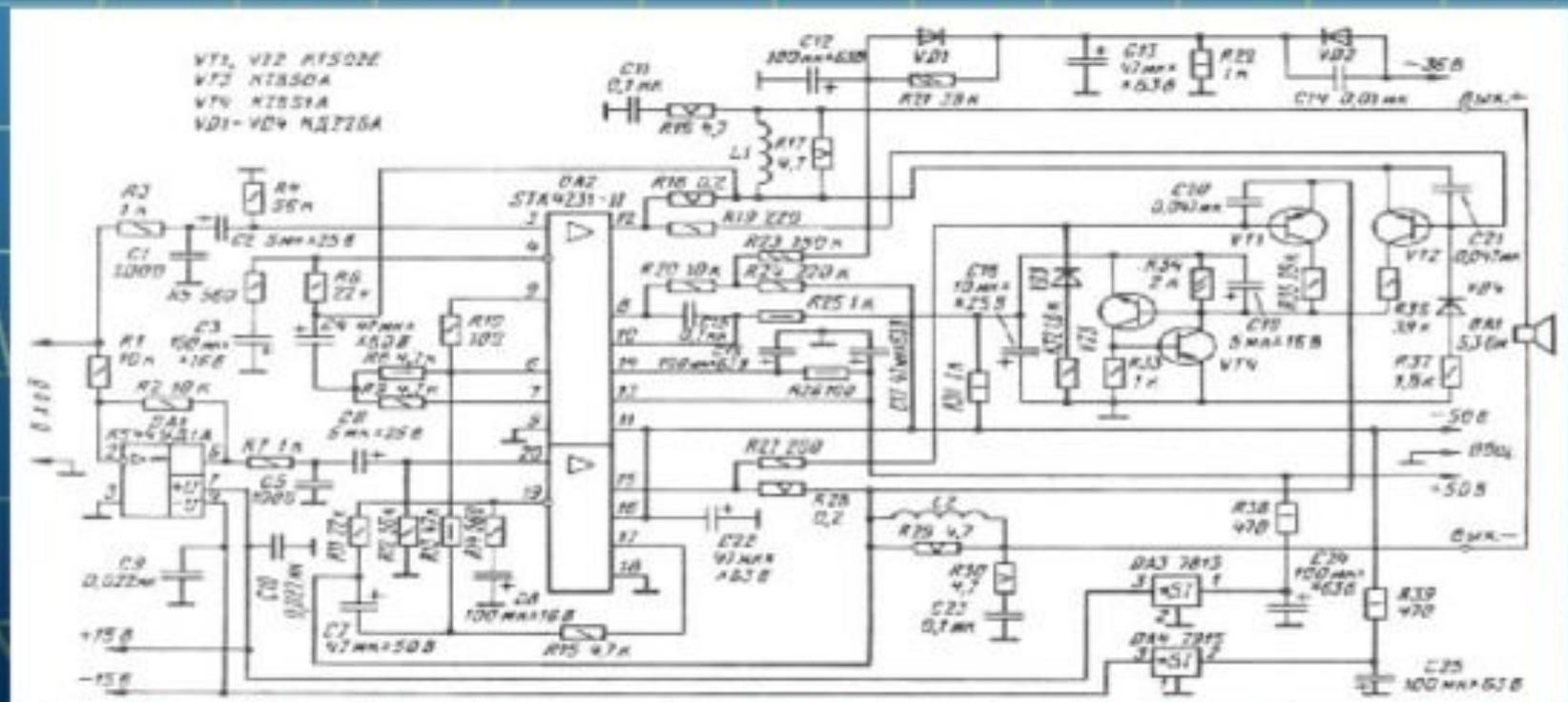


пересечение
проводов

Элементом электрической цепи называют идеализированное устройство, отображающее какое-либо из свойств реальной электрической цепи.

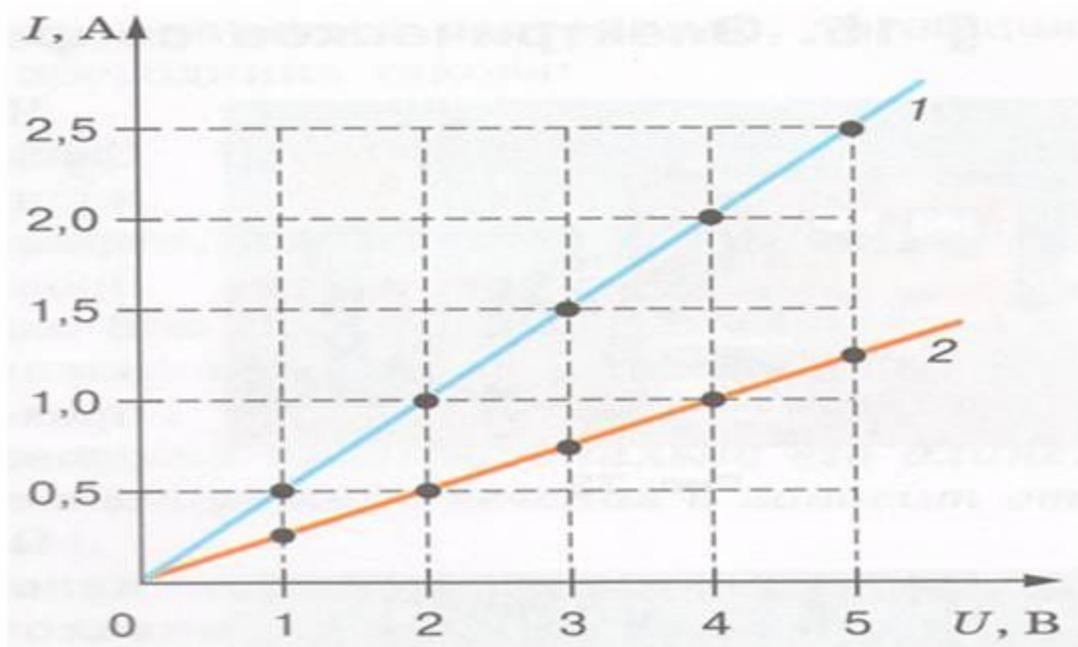
Электрическими схемами называют

**чертежи, на которых изображены
способы соединения
электрических приборов в цепь**



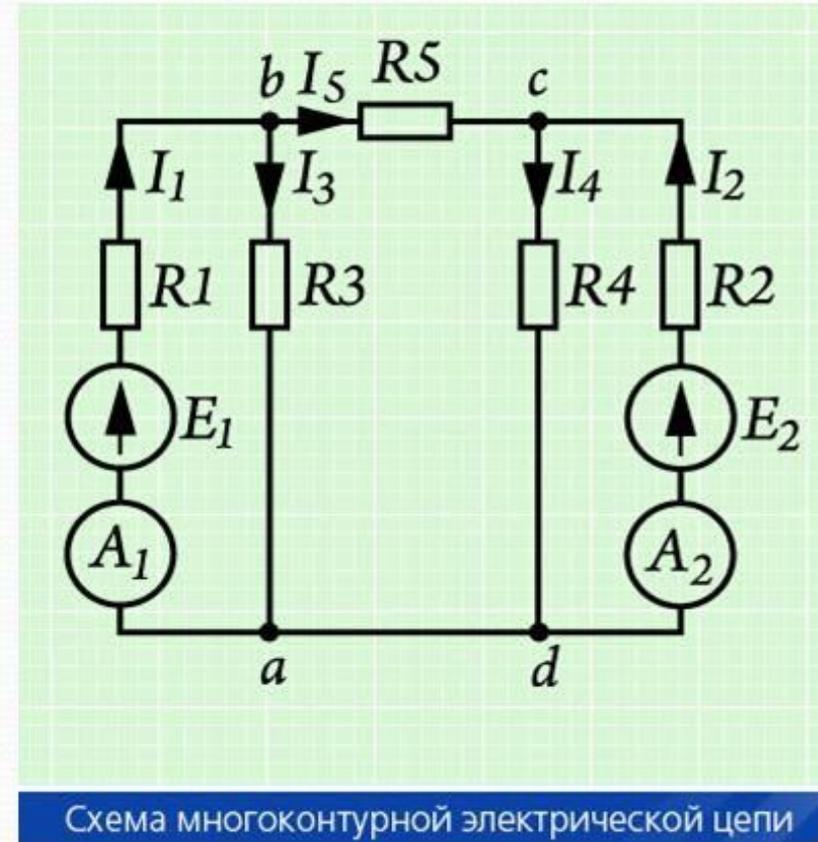
Вольт-амперная характеристика проводника

- График, выражающий зависимость силы тока от напряжения, называется **вольт-амперной характеристикой** проводника.



Графическое изображение электрических цепей

Участок электрической цепи, вдоль которого протекает один и тот же ток, называется ветвью. Место соединения ветвей электрической цепи называется узлом. На электрических схемах узел обозначается точкой.



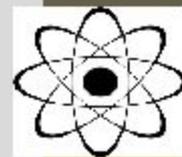
Контуром называют замкнутую электрическую цепь, образуемую одной или несколькими ветвями.

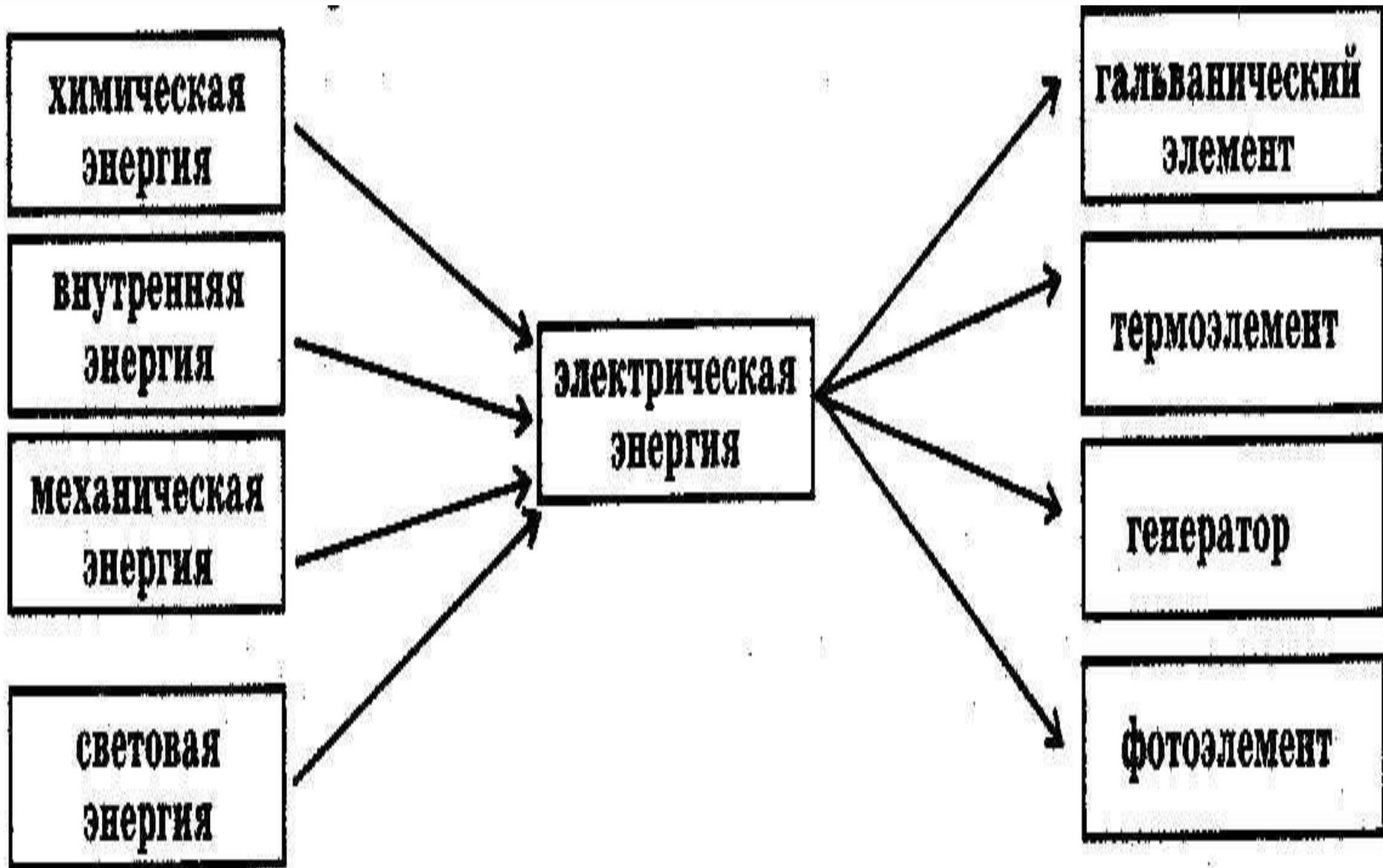
Источники электрической энергии

**Источником электрической энергии
называют устройство,
которое преобразует механическую,
химическую, тепловую и др. виды энергии
в
электрическую**



ЭНЕРГИЮ



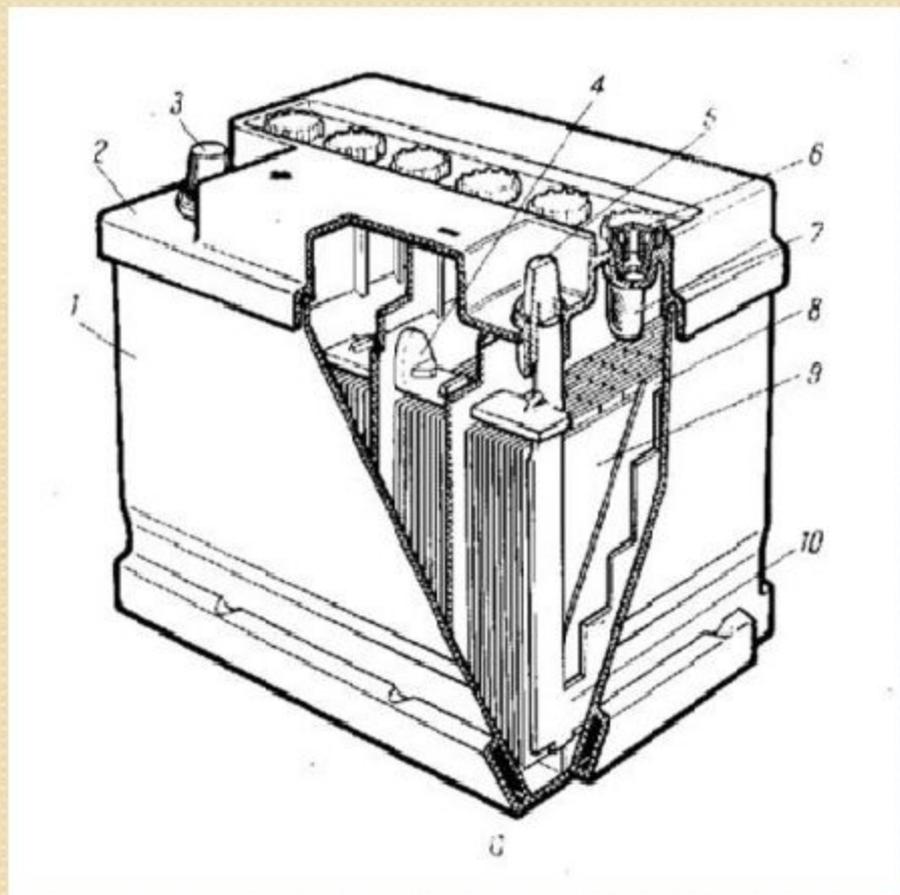


Устройство гальванического элемента



Гальванический элемент – химический источник тока, в котором электрическая энергия вырабатывается в результате прямого преобразования химической энергии окислительно-восстановительной реакцией.

АККУМУЛЯТОР



Приборы, которые становятся источниками электрической энергии после пропускания через них тока, называют аккумуляторами.

Аккумуляторы бывают кислотные ($\epsilon = 2\text{В}$) и щелочные ($\epsilon = 1,3\text{В}$).

Простейший аккумулятор состоит из двух свинцовых пластин (электродов), помещённых в раствор серной кислоты.

Механический источник тока

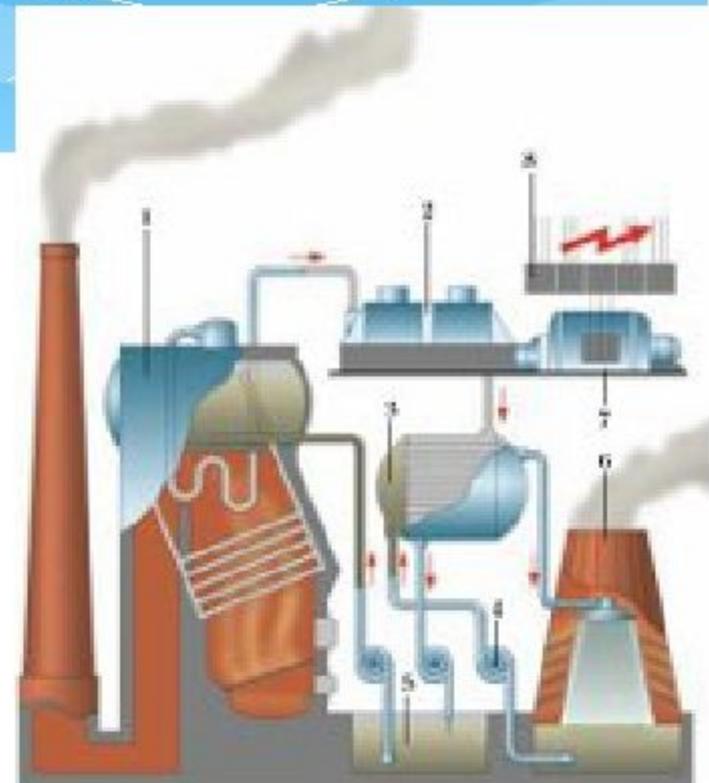
- механическая энергия преобразуется в электрическую энергию.

К ним относятся: электрофорная машина (диски машины приводятся во вращение в противоположных направлениях. В результате трения щеток о диски на кондукторах машины накапливаются заряды противоположного знака), динамо-машина, генераторы.



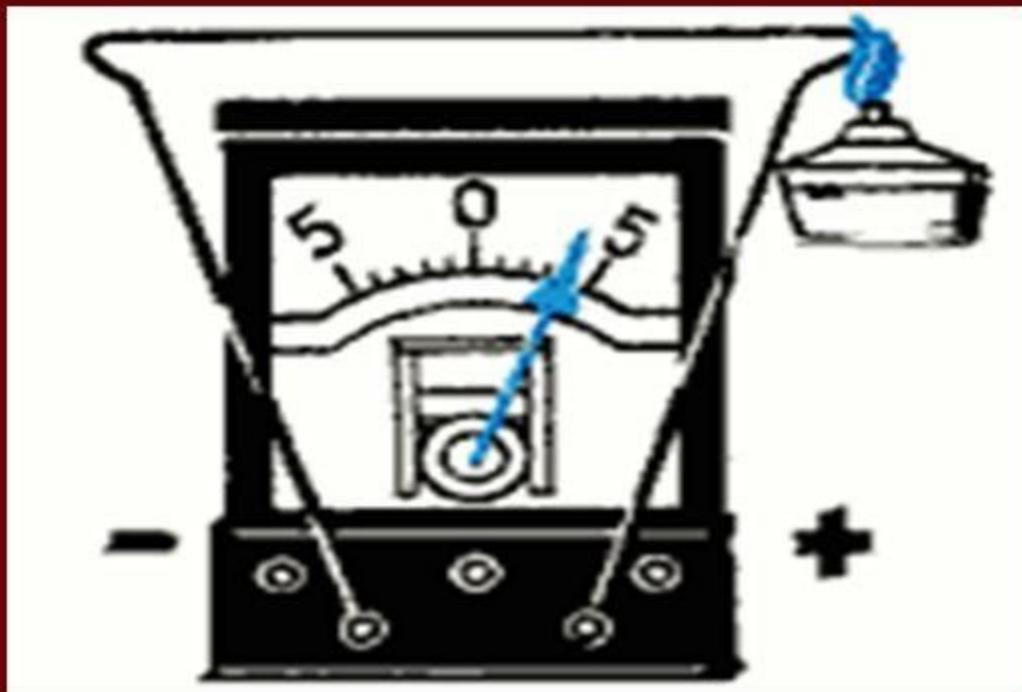
Источники электроэнергии:

Тепловые электростанции (ТЭС) вырабатывают электроэнергию в результате преобразования тепловой энергии, которая выделяется при сжигании органического топлива (угля, нефти, газа). Цикл работы электростанции включает несколько этапов. Для выработки электричества сжигают природный газ. Этот способ намного более эффективен, чем традиционные способы с использованием твердых топлив.



Тепловой источник тока

- внутренняя энергия преобразуется в электрическую энергию.



Термоэлемент (термопара)

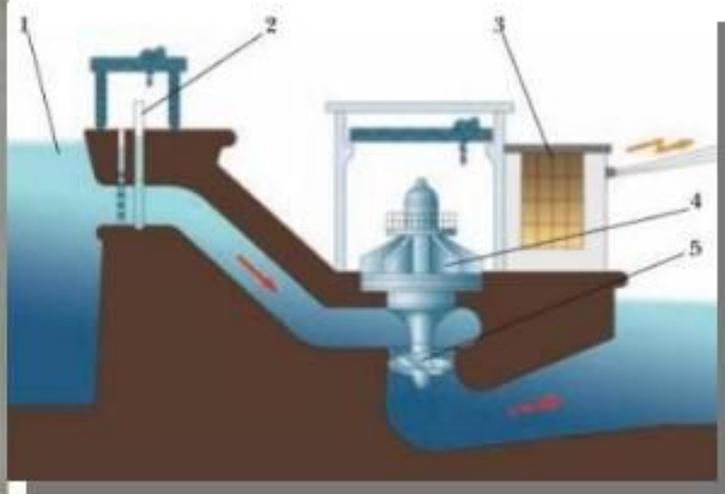


Если две проволоки из разных металлов спаять с одного края, а затем нагреть место спая, то в них возникает ток – заряды при нагревании спая разделяются. Термоэлементы применяются в термодатчиках и на геотермальных электростанциях в качестве датчика температуры.

Тепловой источник тока – внутренняя энергия преобразуется в электрическую энергию.

Производство электрической энергии

Гидроэлектростанция (ГЭС) - представляет собой комплекс сооружений и оборудования, посредством которых энергия потока воды преобразуется в электрическую энергию.



Механическая (потенциальная) энергия воды

Механическая (кинетическая) энергия воды

Механическая (кинетическая) энергия турбины

Электрическая энергия



Солнечная энергетика

- ▣ **Солнечная энергетика** — направление нетрадиционной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует неисчерпаемый источник энергии и является экологически чистой, то есть не производящей вредных отходов.



Ветряные электростанции

Принцип действия ветряных электростанций прост: ветер крутит лопасти ветряка, приводя в движение вал электрогенератора. Генератор в свою очередь вырабатывает электрическую энергию. Получается, что ветряные электростанции работают, как игрушечные машины на батарейках, только принцип их действия противоположен. Вместо преобразования электрической энергии в механическую, энергия ветра превращается в электрический ток.



Производство электрической энергии

Альтернативными (или возобновляемыми) источниками энергии (**ВИЭ**) называют источники энергии, позволяющие получать энергию без использования традиционного ископаемого топлива (нефти, газа, угля и т.п.)



Основные виды альтернативной энергетики

(выработка, млрд кВт.ч, 2007)

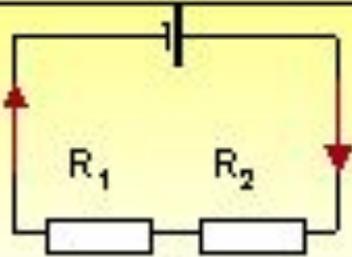
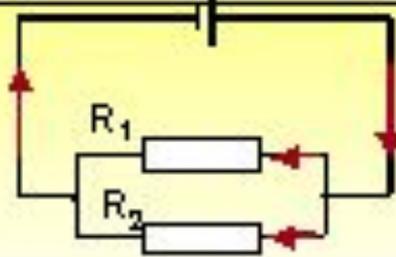


Источник: Министерство энергетики США, 2007

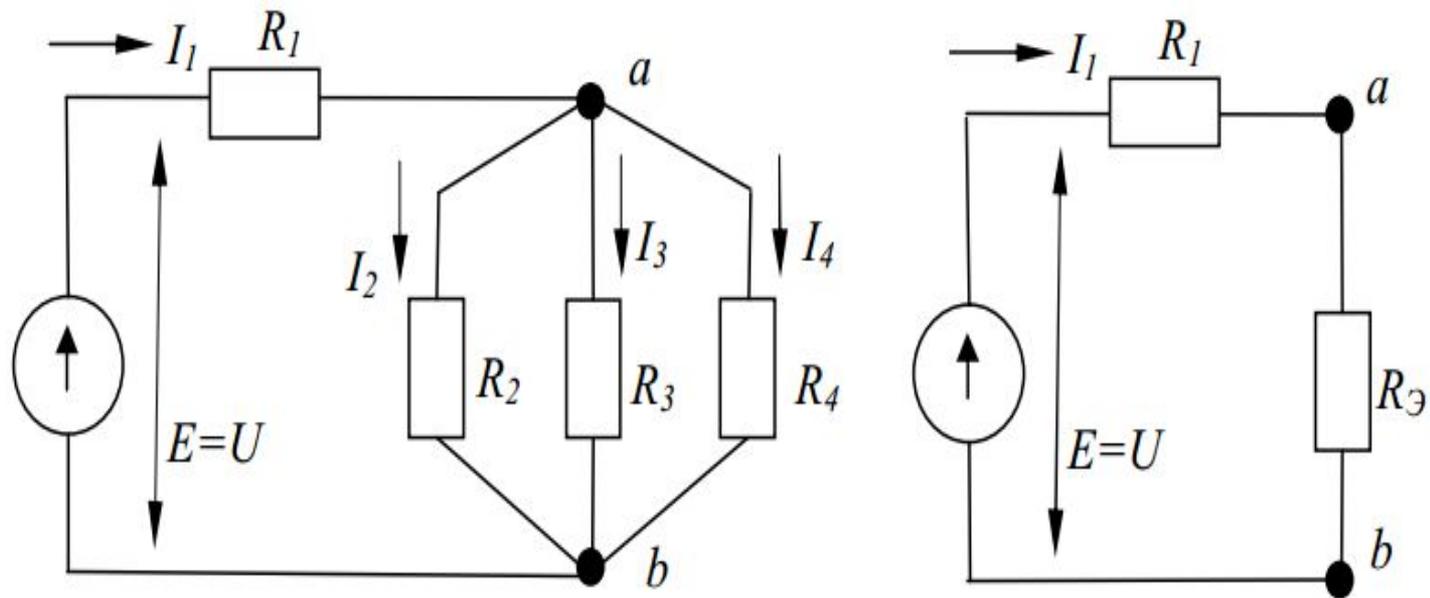


Альтернативная энергетика

Применение закона Ома для расчетов электрических цепей

	Последовательное соединение	Параллельное соединение
Схема		
Сила тока	$I = I_1 = I_2$	$I = I_1 + I_2$
Напряже- ние	$U = U_1 + U_2$	$U = U_1 = U_2$
Сопротив- ление	$R = R_1 + R_2$ $R = nR_1$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ $R = \frac{R_1}{n}$

При комбинированном соединении элементов можно воспользоваться методом эквивалентного преобразования схем. Суть метода заключается в том, что группу резистивных элементов можно заменить одним или группой резистивных элементов, включенных другим способом.



Группа резисторов R_2, R_3, R_4 заменяется резистором с эквивалентным сопротивлением

$$\frac{1}{R_9} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \text{ или } R_9 = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}},$$

что не изменяет общего тока в цепи. Общее сопротивление цепи может быть найдено как

$$R = R_1 + R_9 = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}.$$

Общий ток в цепи определится как $I_1 = E/R$, напряжение $U_{ab} = I_1 R_9$, а токи $I_2 = U_{ab}/R_2$, $I_3 = U_{ab}/R_3$, $I_4 = U_{ab}/R_4$.