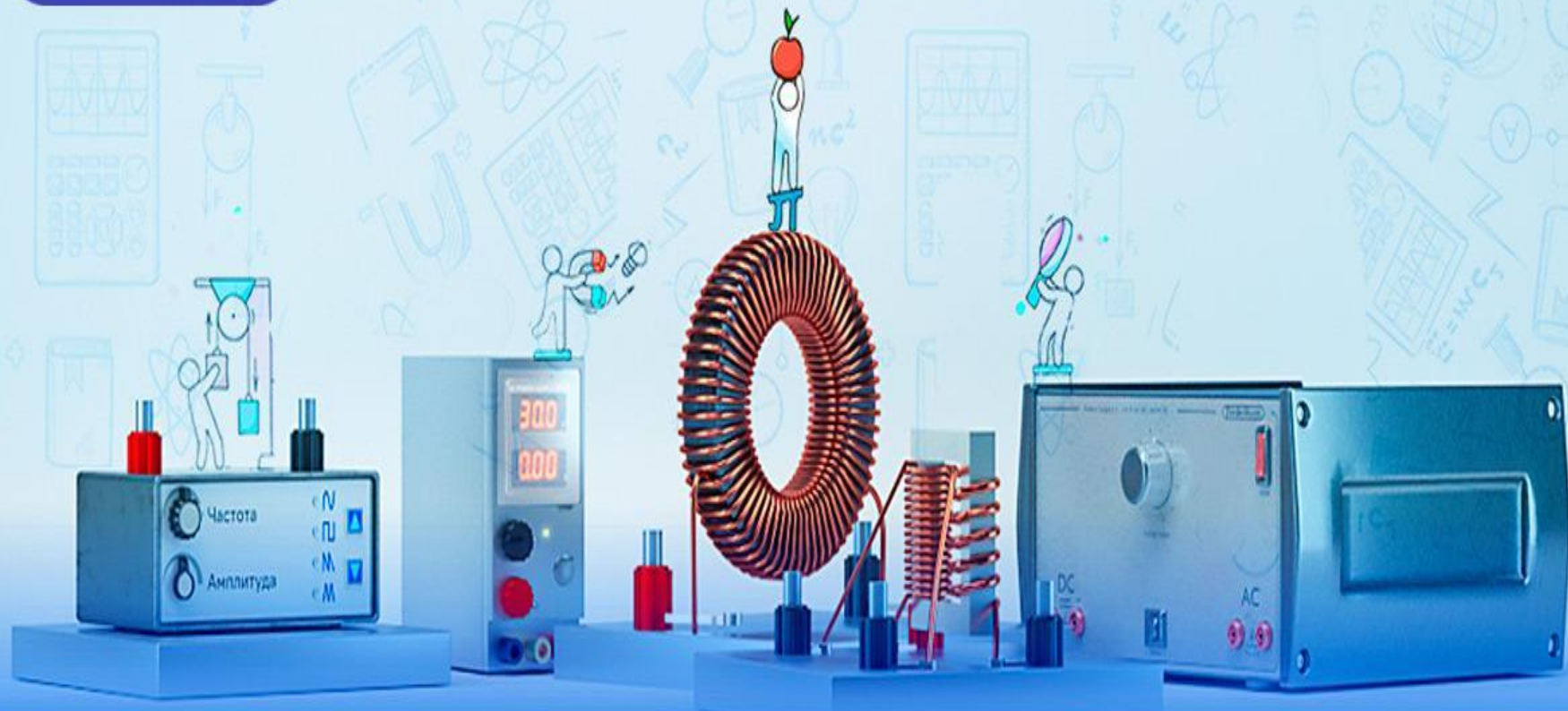
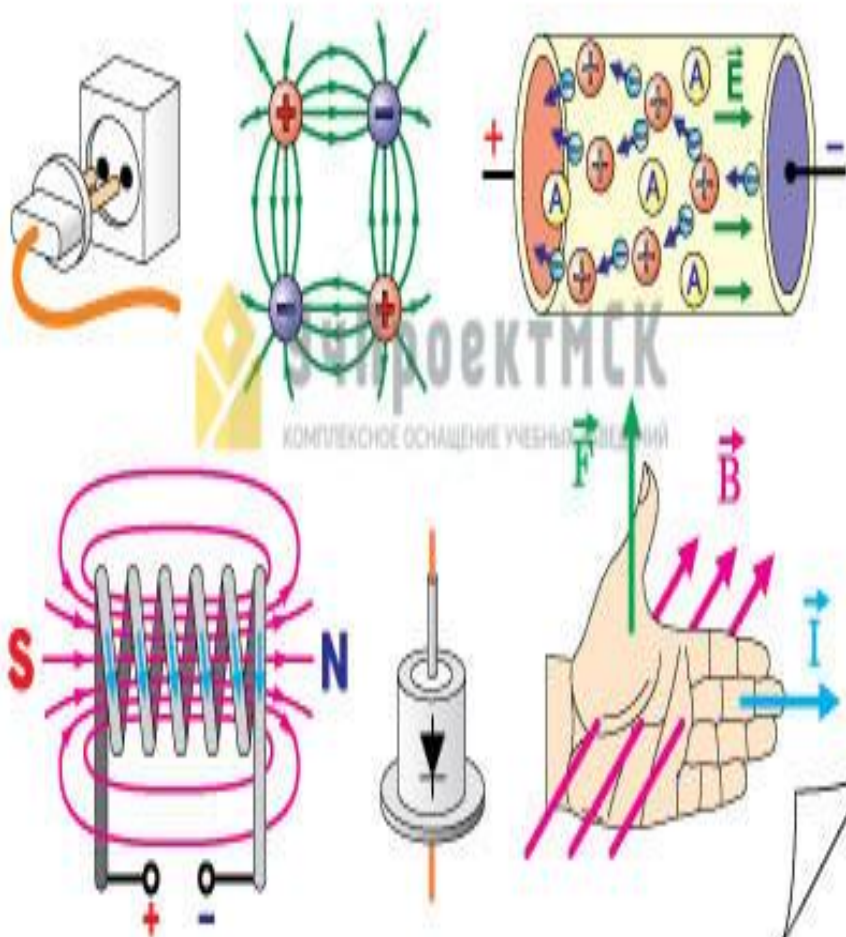


ФИЗИКА



Электродинамика

Электродинамика



- это раздел физики, которая изучает электрические и магнитные поля, которые создаются электрическими зарядами и токами.

Электростатика

- это раздел электродинамики, который изучает неподвижные заряды.

Создатели электродинамики

Максвелл Джеймс Клерк



Фарадей Майкл



Элементарный электрический заряд e – это фундаментальная физическая постоянная, определяющая минимальную порцию электрического заряда

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Электрический заряд тела пропорционален величине элементарного заряда

$$q = N e$$

N – число зарядов

Точечный заряд – это заряд, размером которого можно пренебречь в условиях данной задачи

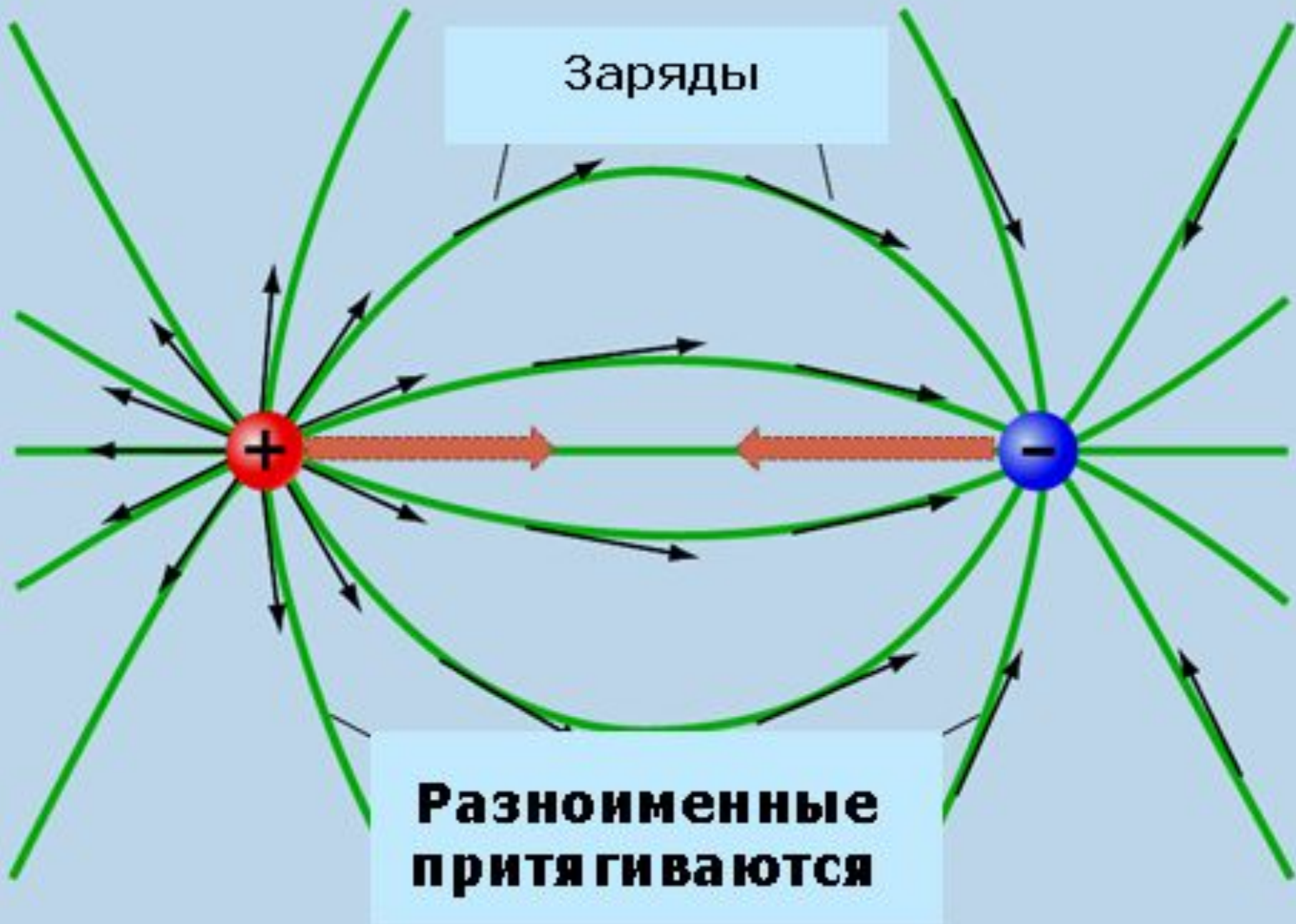
$$I = \frac{q}{t}$$

I – сила тока

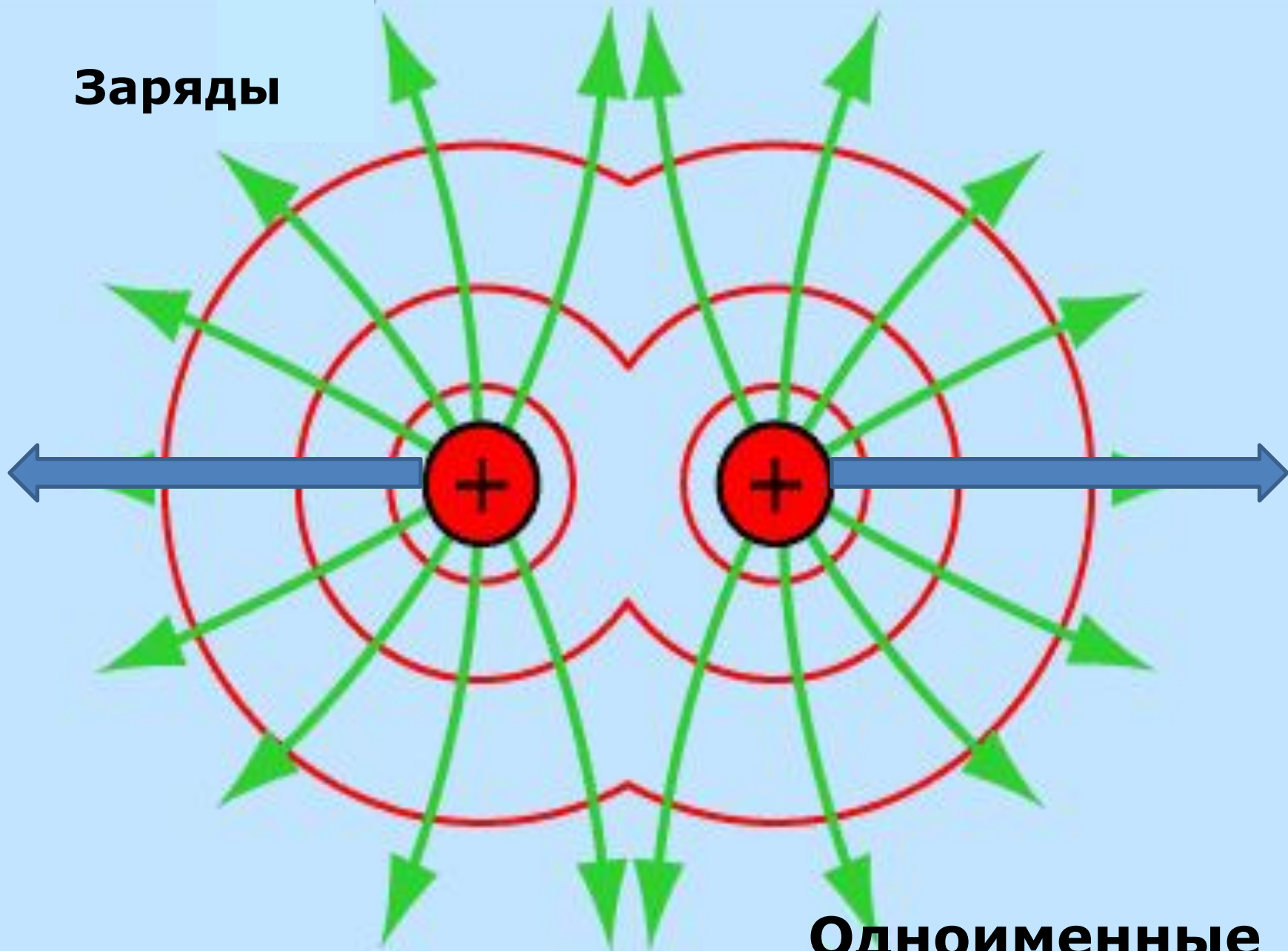
**q– электрический
заряд**

t – время

$$q = It$$



Заряды

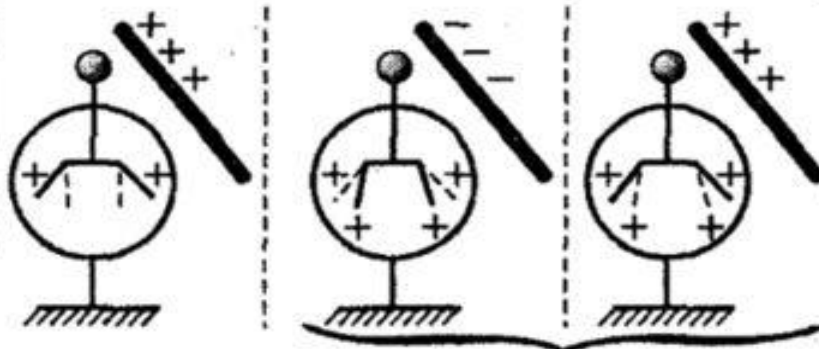


**Одноименные
отталкиваются**

ПРИБОРЫ

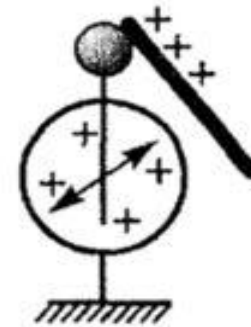
ЭЛЕКТРОСКОП

σκοπεο (греч.) – наблюдать

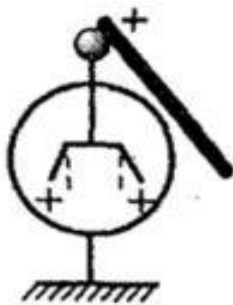


позволяет обнаружить, каким зарядом заряжено тело

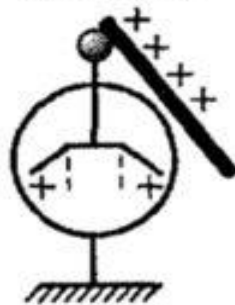
ЭЛЕКТРОМЕТР



заряжается



заряжается сильнее



ВЕЩЕСТВА

проводники

- металлы
- почва
- кислоты или щелочи
- графит
- тело человека

непроводники
диэлектрики

- эбонит
- янтарь
- фарфор
- воздух
- резина

из диэлектриков → изоляторы
изоляро (итал.) – уединять

Закон сохранения заряда

- В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается неизменной.

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const}$$

- При электризации тел происходит перераспределение зарядов между телами



Шарль Огюстен Кулон

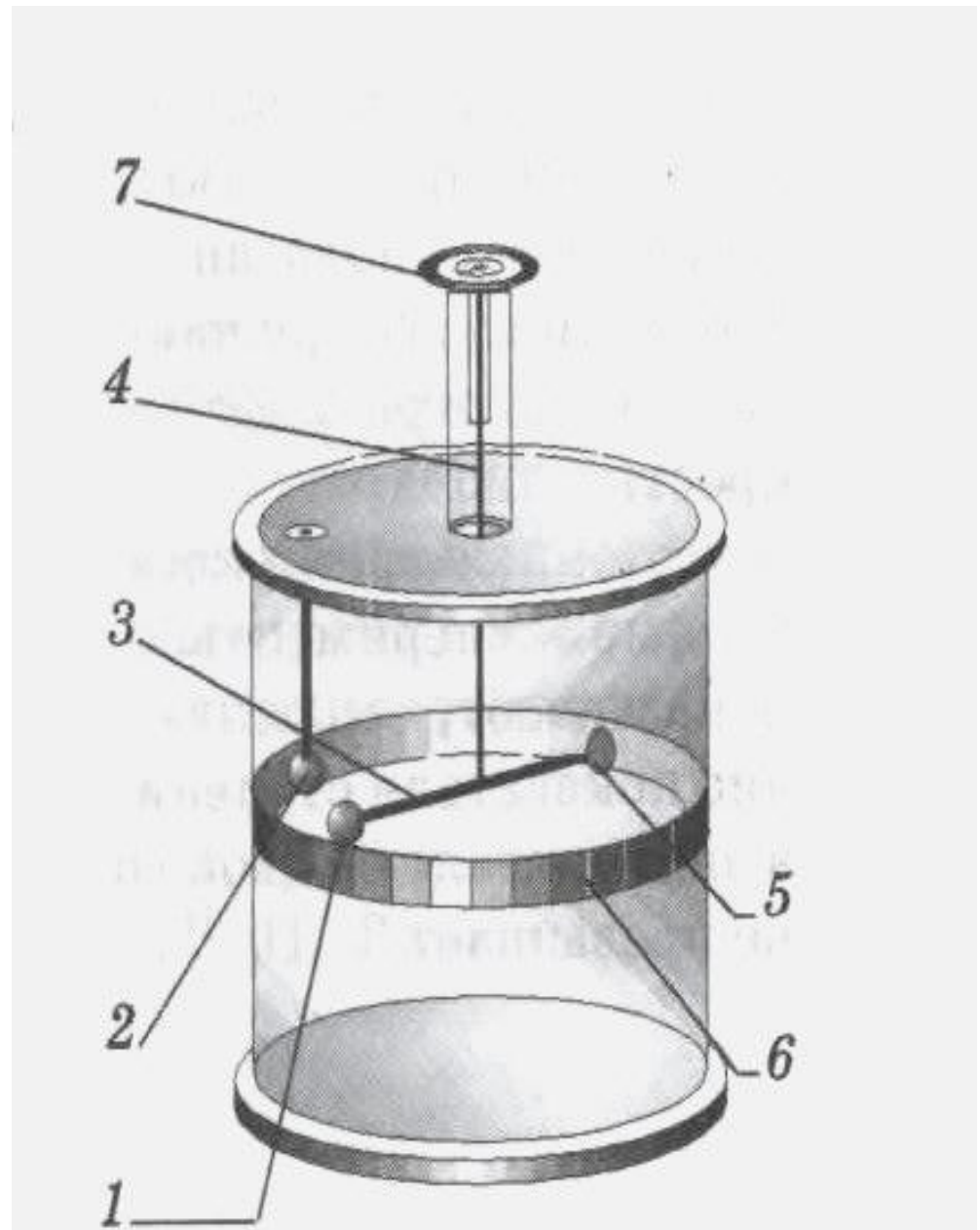
(1736—1806)

*В **1785** году французским ученым Шарлем **Кулоном** были получены первые результаты опытов по измерению силы взаимодействия двух точечных зарядов.*

Для измерения
силы Кулон
использовал
крутильные
весы.

Крутильные весы:

1. Незаряженная
сфера
2. Неподвижная
заряженная сфера
3. Легкий
изолирующий
стержень
4. Упругая нить
5. Бумажный диск



Закон Кулона

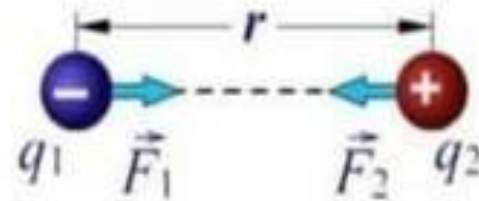
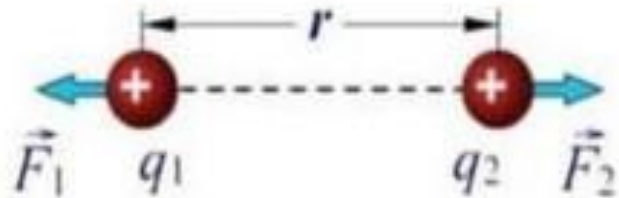
Сила, с которой взаимодействуют заряды, напрямую зависит от произведения модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.



Шарль Огюстен де КУЛОН
(1736 — 1806)

Закон Кулона 1785г.

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



$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2.$$

Задачи

- 1. Сколько электронов содержится в капле воды массой 0,6 г? Масса молекулы воды - $3 \cdot 10^{-23}$ г.
- 2. Определите, с какой силой взаимодействуют между собой два шарика, если один из них имеет заряд - $2 \cdot 10^{-10}$ Кл, а другой - $4 \cdot 10^{-11}$ Кл, если они находятся на расстоянии 2 м?
- 3. Определите расстояние, на котором находятся два взаимодействующие между собой заряженные шарики, если сила взаимодействия составляет $5 \cdot 10^{-6}$ Н, а заряды $5 \cdot 10^{-10}$ Кл и $1 \cdot 10^{-12}$ Кл соответственно
- 4. С какой силой будут взаимодействовать две капли воды на расстоянии 1 м, если бы удалось передать одной из капель 1% всех электронов, содержащихся в другой капле массой 0,6 г?

Электрическое поле-

**особая форма материи,
существующая около
электрических зарядов.**

Главное свойство поля-

**действовать с некоторой силой на
электрический заряд, помещённый в
данную точку поля.**

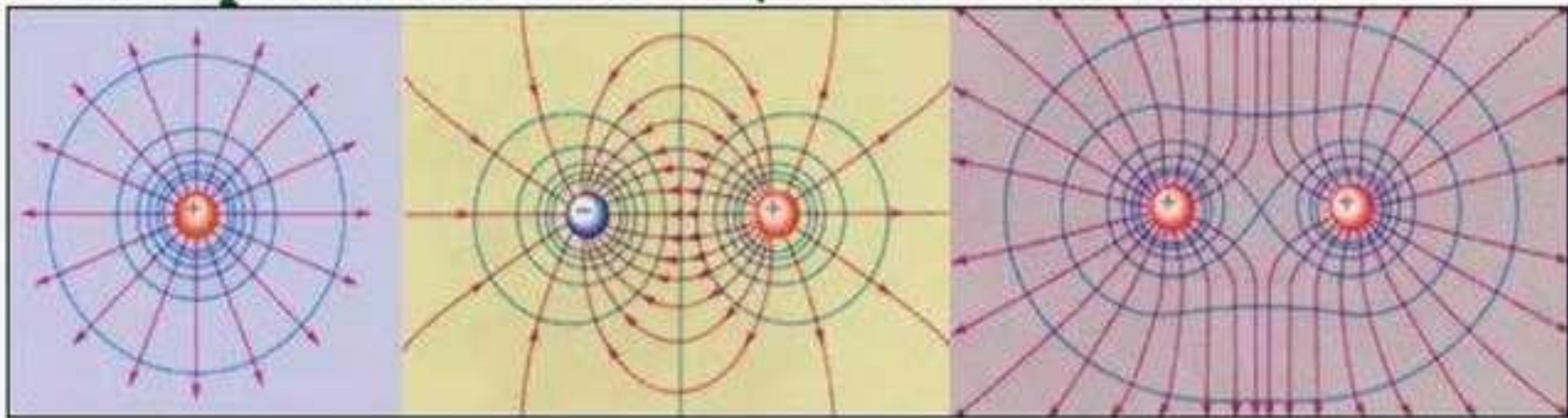
Электрическое поле:

- **Однородное-**
поле,
напряженность
которого во всех
точках
пространства
одинакова.
Таким можно
считать поле в
ограниченной
области
пространства.

- **Неоднородное-**
поле
неодинаковой
напряженности
в пространстве
(все остальные
случаи).

Свойства электрического поля

1. Существует вокруг заряженных тел
2. Невидимо, определяется по действию и с помощью приборов
3. Изображается с помощью силовых линий



4. Линии указывают направление действия силы, действующей со стороны поля на помещенную в него положительно заряженную частицу.

Напряженность электрического

поля

- Для количественного определения электрического поля вводится **силовая характеристика** - напряженность электрического поля.
- **Напряженностью электрического поля** называют векторную физическую величину, равную отношению силы, с которой поле действует на положительный точечный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда:
- **Единица измерения**

Напряженностью называется физическая величина, равная отношению силы, действующей со стороны поля на пробный заряд к величине этого заряда.

$$E = \frac{U}{d}$$

E – модуль напряженности однородного электрического поля
 U – разность потенциалов между двумя точками, лежащими на силовой линии
 d – расстояние между этими двумя точками

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

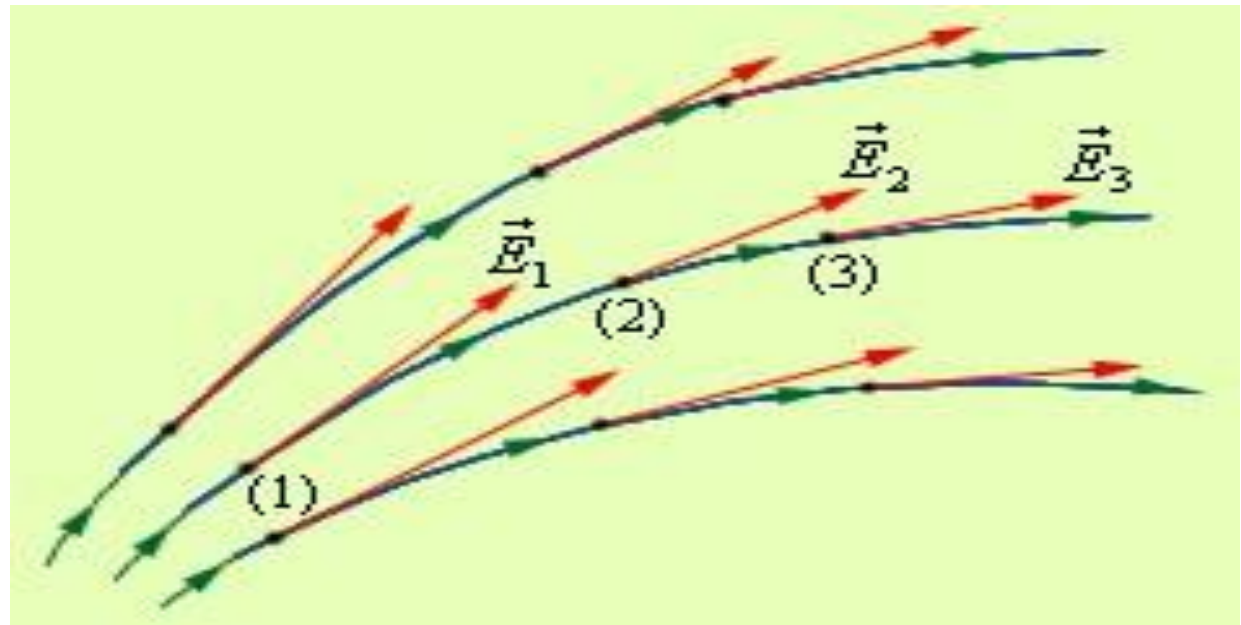
\vec{E} – напряженность электрического поля
 \vec{F} – сила, с которой поле действует на пробный положительный заряд
 q – величина этого заряда

Напряженность электрического поля

ПОЛЯ

- Напряженность электрического поля – **векторная** физическая величина.
- **Направление** вектора **совпадает** в каждой точке пространства с **направлением силы**, действующей на **положительный единичный заряд**.

$$\vec{E}_1 = \frac{\vec{F}_1}{q_1}$$

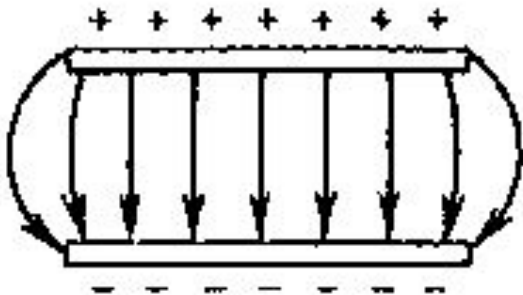


Сравните

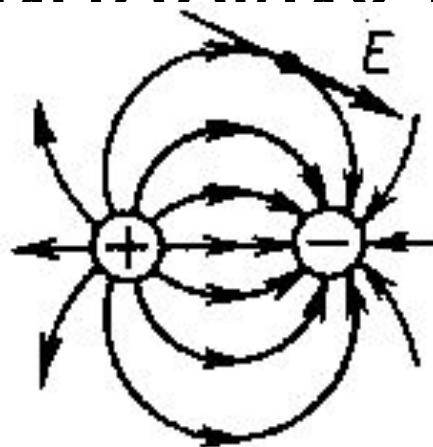
линии напряженности

однородного и неоднородного

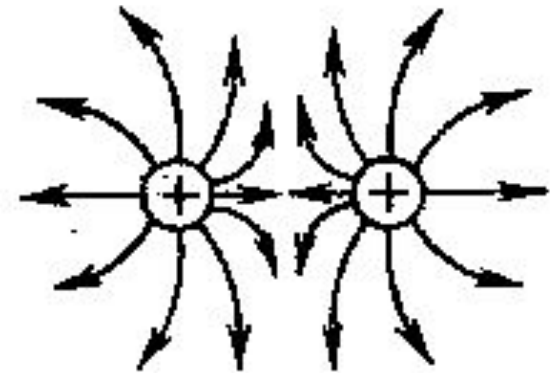
электрических полей



Однородное поле



Неоднородное поле



Опр. Силовая линия (или линия напряженности)
— это воображаемая направленная линия в пространстве, касательная к которой в каждой точке совпадают с направлением вектора напряженности в этой точке

Свойства силовых линий электрического поля.

- 1. Густота линий пропорциональна модулю напряженности.**
- 2. Не замкнуты.**
- 3. Силовые линии непрерывны.**
- 4. Начинаются на положительных зарядах и оканчиваются на отрицательных зарядах.**
- 5. Силовые линии не пересекаются.**
- 6. Силовые линии однородного поля (например, между двумя заряженными пластинами) параллельны.**
- 7. Внутри проводящего шара напряженность поля равна нулю, весь заряд его сосредоточен на поверхности.**

Принципом суперпозиции полей:

если в данной точке пространства различные заряженные частицы создают электрические поля, с определенными напряженностями, то результирующая напряженность поля в этой точке будет равна векторной сумме напряженностей этих полей.

Принцип суперпозиции электрических полей

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

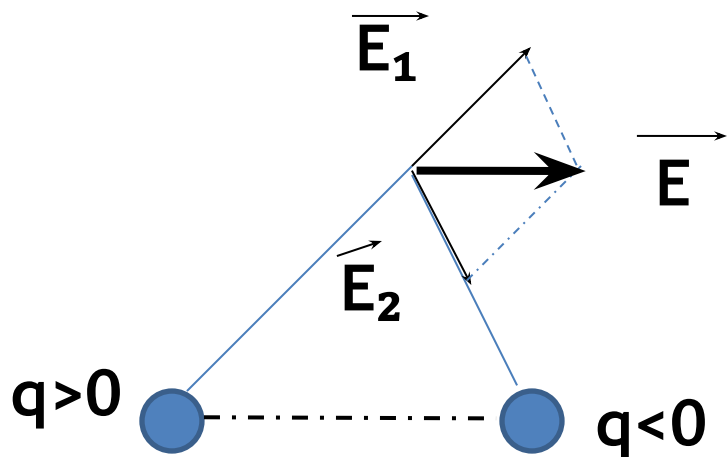
\vec{E} – вектор напряженности результирующего электрического поля

$\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots, \vec{E}_n$ – векторы напряженностей всех электрических полей

Принцип суперпозиции полей:

Опр1. Если в данной точке пространства различные заряженные частицы создают электрические поля, напряженности которых E_1 , E_2 и т.д., то результирующая напряженность поля в этой точке равна:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$



Разность потенциалов

Под разностью потенциалов (напряжение) между двумя точками понимают отношение работы **Напряжение** при перемещении заряда из начальной точки в конечную к этому заряду.

$$U = \Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q} = E\Delta d$$

Связь между напряжением и напряженностью

$$A = q\underline{Ed} \quad (1)$$

$$A = q\underline{U} \quad (2)$$

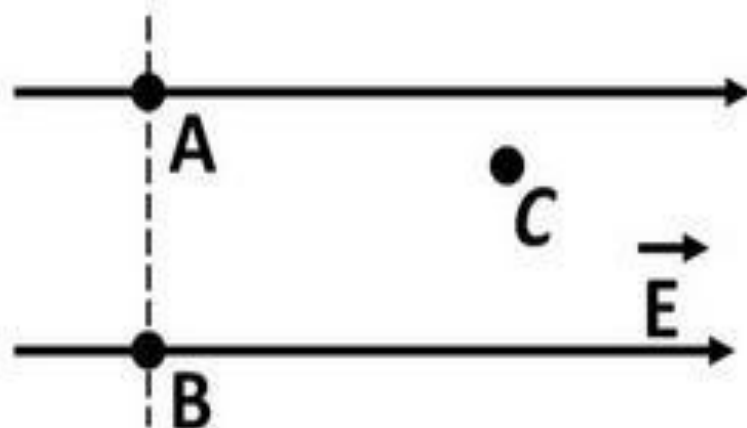
$$U = Ed$$

Потенциал – Энергетическая характеристика электрического поля – она определяет энергию, которую приобретает заряженная частица в электрическом поле.

$$\varphi = \frac{W_n}{q} = Ed$$

$$[\varphi] = B \text{ (вольт)}$$

$$1B = \frac{1\text{Дж}}{1\text{Кл}}$$



$$\varphi_A = \varphi_B$$

$$\varphi_C < \varphi_A$$

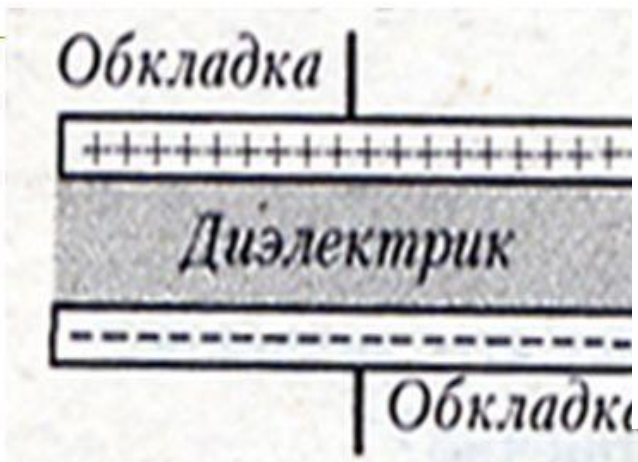
Конденсаторы



comsoft.ru

Конденсатор

представляет собой две
(обкладки), разделенные
диэлектриком, толщина которого
мала по сравнению с радиусом
проводников.





конденсатор ^б

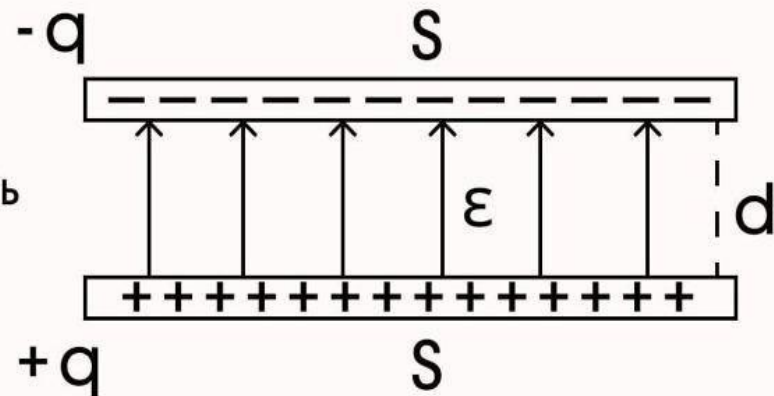
плоский конденсатор – две параллельные пластины, заряженные противоположно и разделённые слоем диэлектрика

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

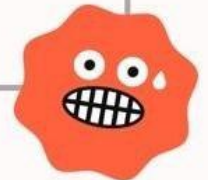
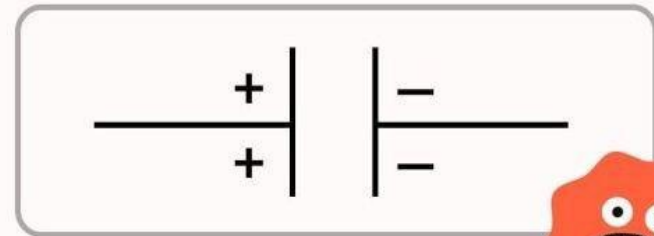
электроёмкость

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

энергия



конденсатор



Типы конденсаторов

Бумажные



Воздушные



Электролитические



Слюдяные



Керамические



Пленочные



Полипропиленовые





Виды конденсаторов:

! Тема для доклада

1. по виду диэлектрика: воздушные, слюдяные, керамические, электролитические.
2. по форме обкладок: плоские, сферические, цилиндрические.
3. по величине емкости: постоянные, переменные (подстроечные).

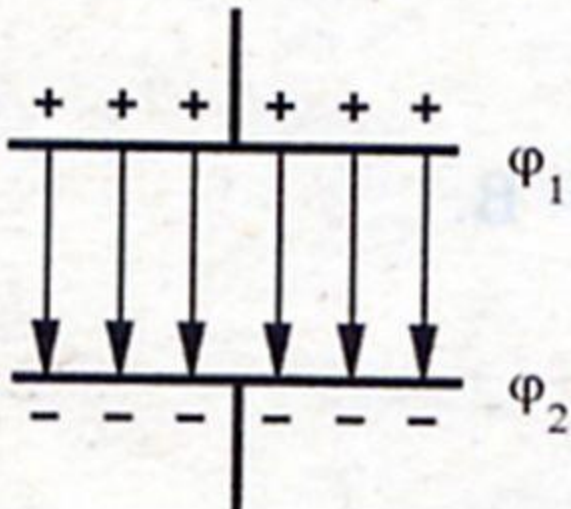
НАЗНАЧЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ

- Накапливать на короткое время заряд или энергию для быстрого изменения потенциала;
- Не пропускать постоянный ток;
- В радиотехнике: колебательный контур, выпрямитель;
- Фотовспышка.



Электроемкость –

физическая величина, которая характеризует способность двух проводников накапливать электрический заряд.



$$C = \frac{q}{U} = \text{const}$$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$$

Электроемкость и энергия конденсатора

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

$$W_{\text{п}} = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

$$C = \frac{q}{U} \sim \frac{S}{d}$$

$$1 \text{ Ф} = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ В}}$$

$$1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$$

$$1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$$

- q – заряд [Кл]
- C – электрическая емкость [Ф] – Фарад
- U – напряжение [В]
- $W_{\text{п}}$ – энергия заряженного конденсатора

Энергия конденсатора равна работе, которую совершит электрическое поле при сближении пластин конденсатора вплотную, или равна работе по разделению положительных и отрицательных зарядов, необходимой при зарядке конденсатора.

$$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

W_p – энергия электрического поля заряженного конденсатора

q – модуль заряда любого из проводников конденсатора

U – разность потенциалов между проводниками

C – емкость конденсатора

ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ:

1. В радиотехнической и телевизионной аппаратуре - для создания колебательных контуров, их настройки, блокировки, разделения цепей с различной частотой, в фильтрах выпрямителей и т.д.



**2. В РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ПРИБОРАХ – С
ЦЕЛЮ ФОРМИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ
БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ.**



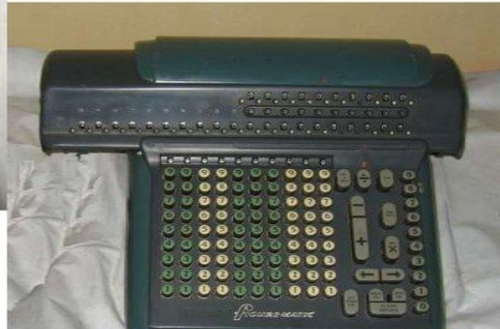
**3. В ТЕЛЕГРАФИИ И ТЕЛЕФОНИИ – ДЛЯ
РАЗДЕЛЕНИЯ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО И
ПЕРЕМЕННОГО ТОКОВ, ТОКОВ РАЗЛИЧНОЙ
ЧАСТОТЫ, СИММЕТРИРОВАНИЯ КАБЕЛЕЙ,
ИСКРОГАШЕНИЯ КОНТАКТОВ И ПРОЧЕЕ.**



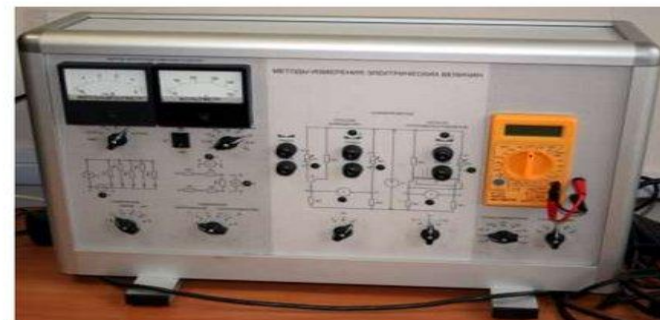
4. В ТЕЛЕМЕХАНИКЕ И АВТОМАТИКЕ – С
ЦЕЛЬЮ РЕАЛИЗАЦИИ ДАТЧИКОВ ЕМКОСТНОГО
ПРИНЦИПА, РАЗДЕЛЕНИЯ ЦЕПЕЙ
ПУЛЬСИРУЮЩЕГО И ПОСТОЯННОГО ТОКОВ,
ИСКРОГАШЕНИЯ КОНТАКТОВ, В ТИРАТРОННЫХ
ИМПУЛЬСНЫХ ГЕНЕРАТОРАХ И Т. Д.



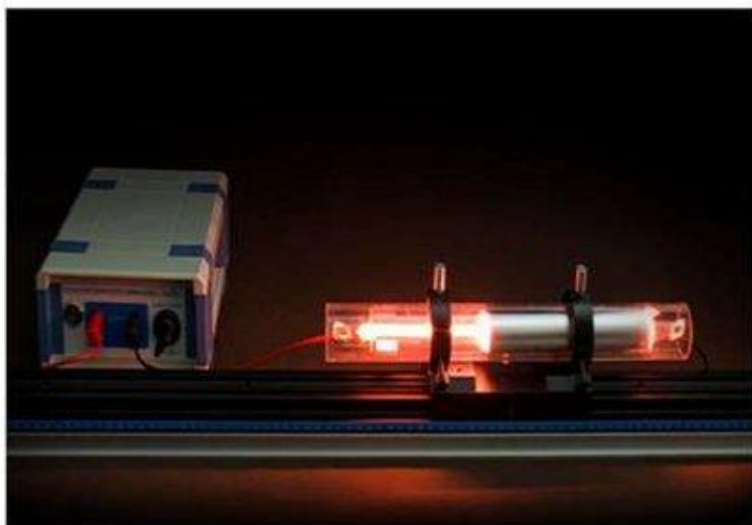
5. В СФЕРЕ СЧЕТНЫХ УСТРОЙСТВ – В СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ.



АППАРАТУРЕ – ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ЕМКОСТИ, СОЗДАНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ЕМКОСТЕЙ.



7. В ЛАЗЕРНЫХ УСТРОЙСТВАХ – ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОЩНЫХ ИМПУЛЬСОВ.



Обозначения и виды конденсаторов



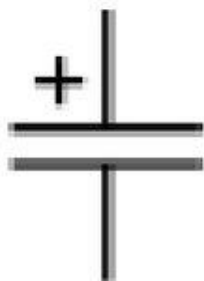
Постоянной емкости

Емкость измеряется в фарадах

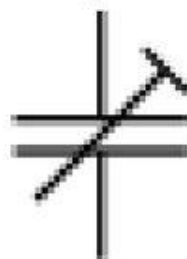
Микро Ф

Пико Ф

Нано Ф



Поляризованный



Переменной емкости или подстроечный

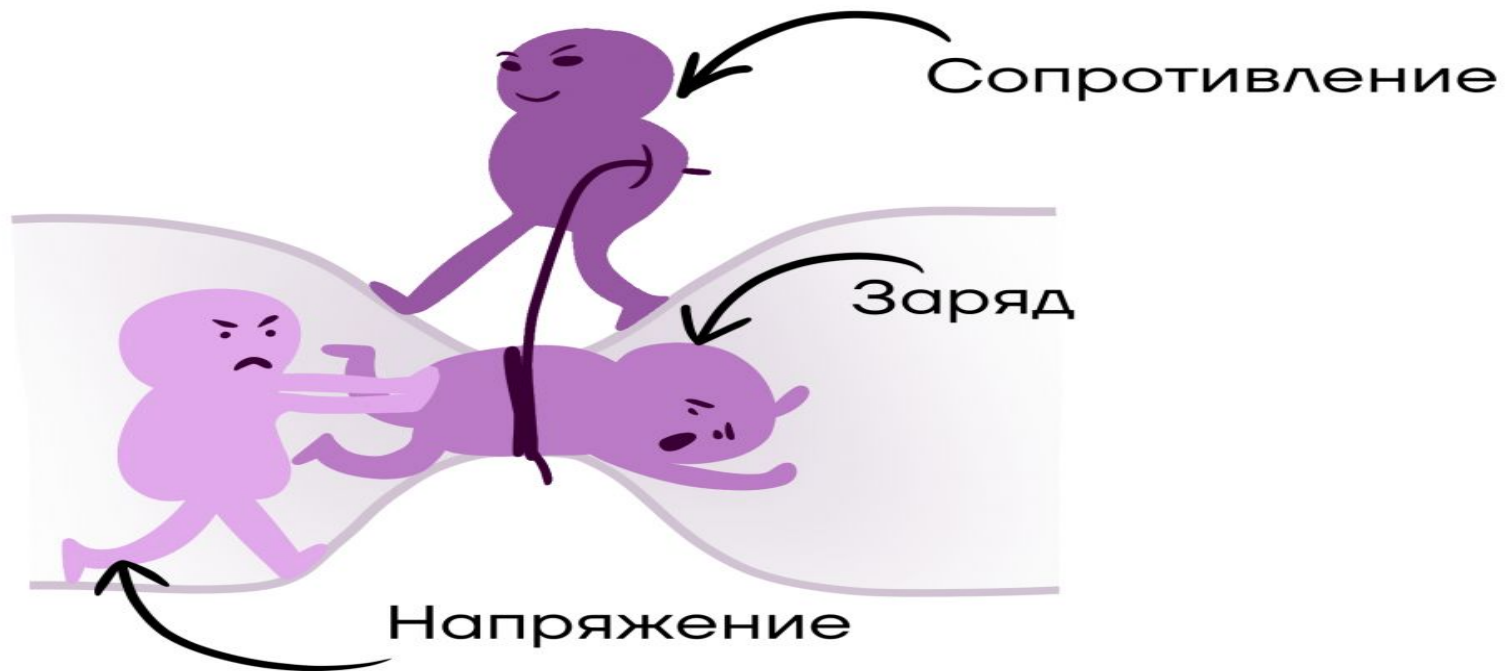


Варикап



Законы постоянного тока

PPt4WEB.ru



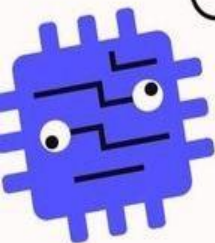
Георг Симон (1787—1854) – немецкий физик, открывший основной закон электрической цепи.

Родился 16 марта 1787 г. в городе Эрлангене. В 1811 г. окончил Эрлангенский университет. Работал преподавателем математики и физики в различных гимназиях. В 1833 г. стал профессором Нюрнбергской высшей политехнической школы и вскоре был назначен её ректором.






закон Ома для участка цепи Снежана Планк

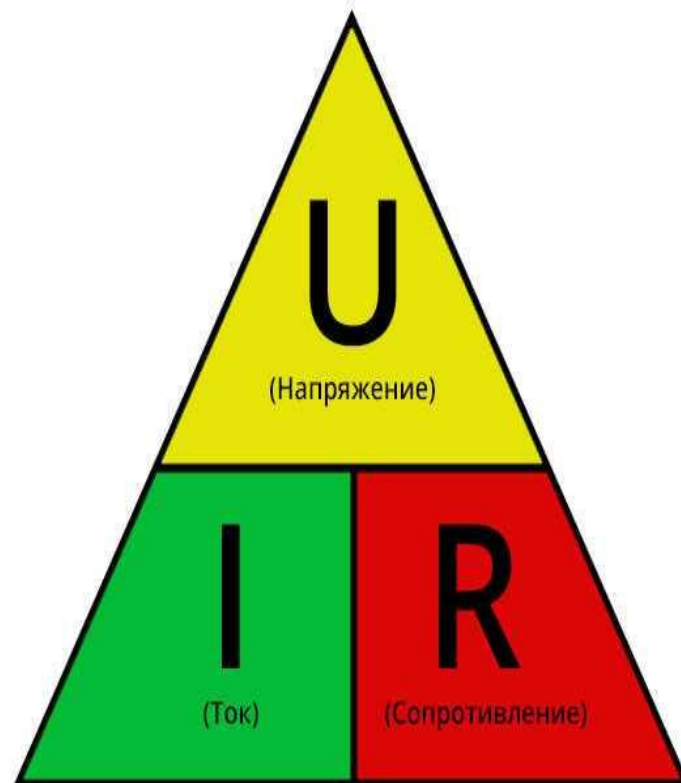
! ток прямо пропорционален напряжению и
! обратно пропорционален сопротивлению !



формула:

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

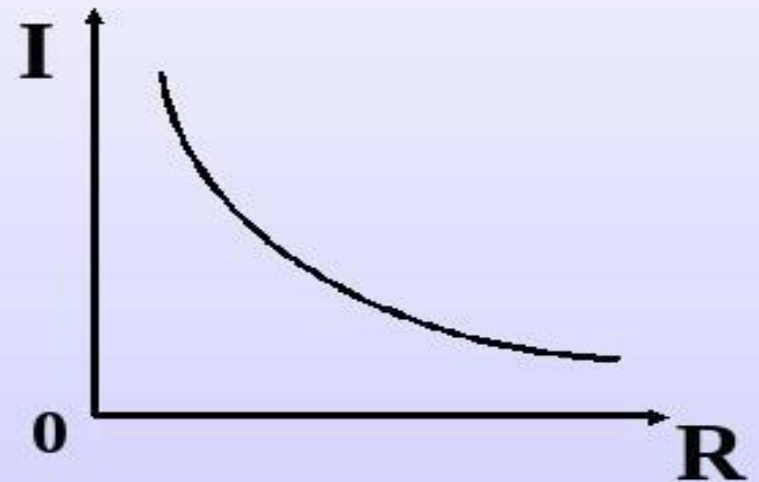
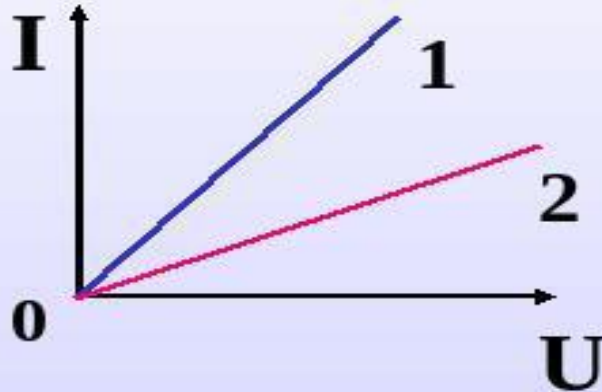
-  I – сила тока [А]
-  U – напряжение [В]
-  R – сопротивление [Ом]



Электрический ток – это направленное (упорядоченное) движение заряженных частиц.

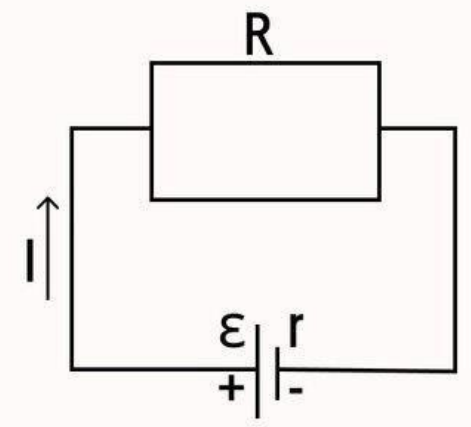
MyShared

Зависимость силы тока от напряжения и сопротивления



Закон Ома для полной электрической цепи —

сила тока в замкнутой цепи прямо пропорциональна ЭДС источника и обратно пропорционально полному сопротивлению цепи



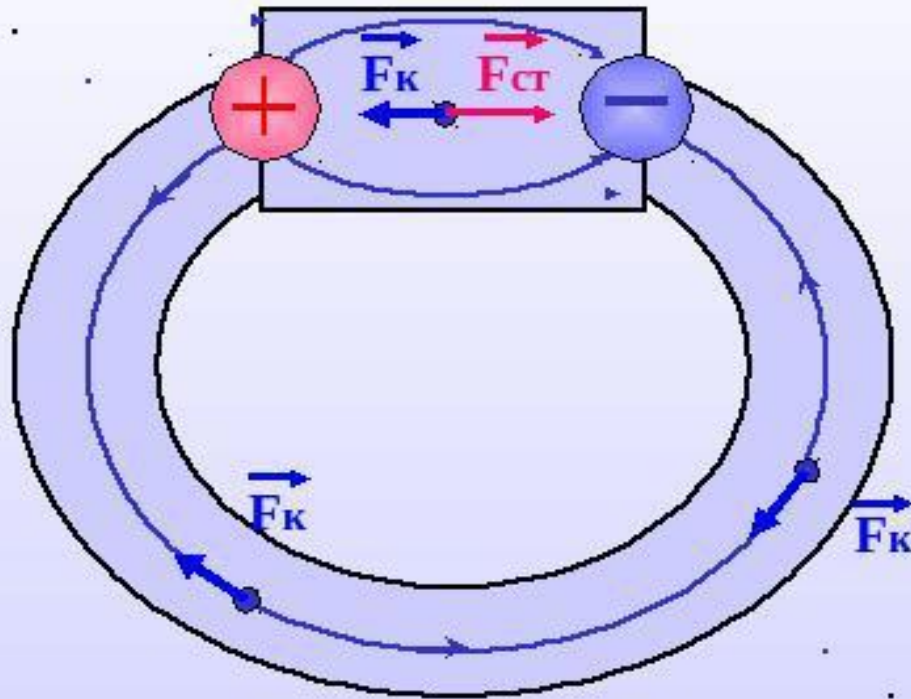
ε
r
ε

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

ε — ЭДС источника тока
R — внешнее сопротивление
r — внутреннее сопротивление источника тока
I — сила тока



Электродвижущая сила



Характеристики
источника тока:
• Электродвижущая
сила (ЭДС)

$$\xi = \frac{A_{ст}}{q}$$

$$[\xi] = B$$

• Внутреннее сопротивление

$$[r] = Ом$$

«Не знаешь законов Ома – сиди дома!»

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



Георг Симон Ом

1789–1854

Немецкий физик. Окончил местный университет. Преподавал математику и естественные науки. В 1849 году стал профессором Мюнхенского университета, в 1827 году опубликовал закон, который теперь носит его имя. Помимо электричества занимался акустикой и изучением человеческого слуха.

Электрический ток

Сила тока

$$I = q / t_2 - t_1$$

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

Напряжение

$$U = I \cdot R$$

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

Сопротивление

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

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

Работа тока

$$A = U \cdot I \cdot t$$

Мощность

$$P = I \cdot U$$

Сила тока

- величина, показывающая какой электрический заряд проходит через поперечное сечение проводника в 1 секунду

$$I = q/t$$

I-сила тока

q – электрический заряд

t - время

Единицы измерения

$$[I] = A$$

Закон Ома
для участка цепи

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

Напряжение

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

A – это работа электрического поля по перемещению заряда, Дж

q – заряд, Кл

U – напряжение на участке электрической цепи, В

Сопротивление

электрическое сопротивление – физическая величина, характеризующая свойство проводника препятствовать прохождению электрического тока и равная отношению напряжения на концах проводника к силе тока, протекающего по нему

обозначение: R [Ом] – ом

Снежана Планк



The diagram shows a circuit with a resistor symbol (a rectangle with a diagonal line) and a voltmeter (a circle with a cross). The formula $R = \frac{U}{I}$ is written inside the resistor symbol. A blue arrow points from the text 'обозначение: R [Ом] – ом' to the resistor symbol. There are also decorative elements like a yellow 'ОМ' sticker and blue stars.



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

ρ – удельное сопротивление

l – длина проводника

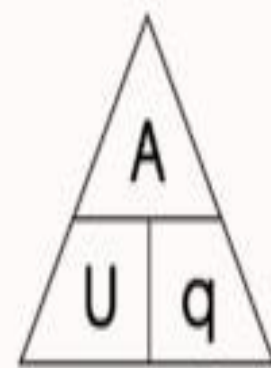
S – площадь сечения

Работа электрического тока

$$A = IUt$$

- A – работа электрического тока на участке цепи
- I – сила тока в проводнике
- U – напряжение на концах проводника
- t – время протекания тока через проводник

работа электрического тока ^В



- A – работа эл.тока [Дж]
- U – напряжение [В]
- q – заряд [Кл]

формула:

$$A = Uq = I^2 Rt$$

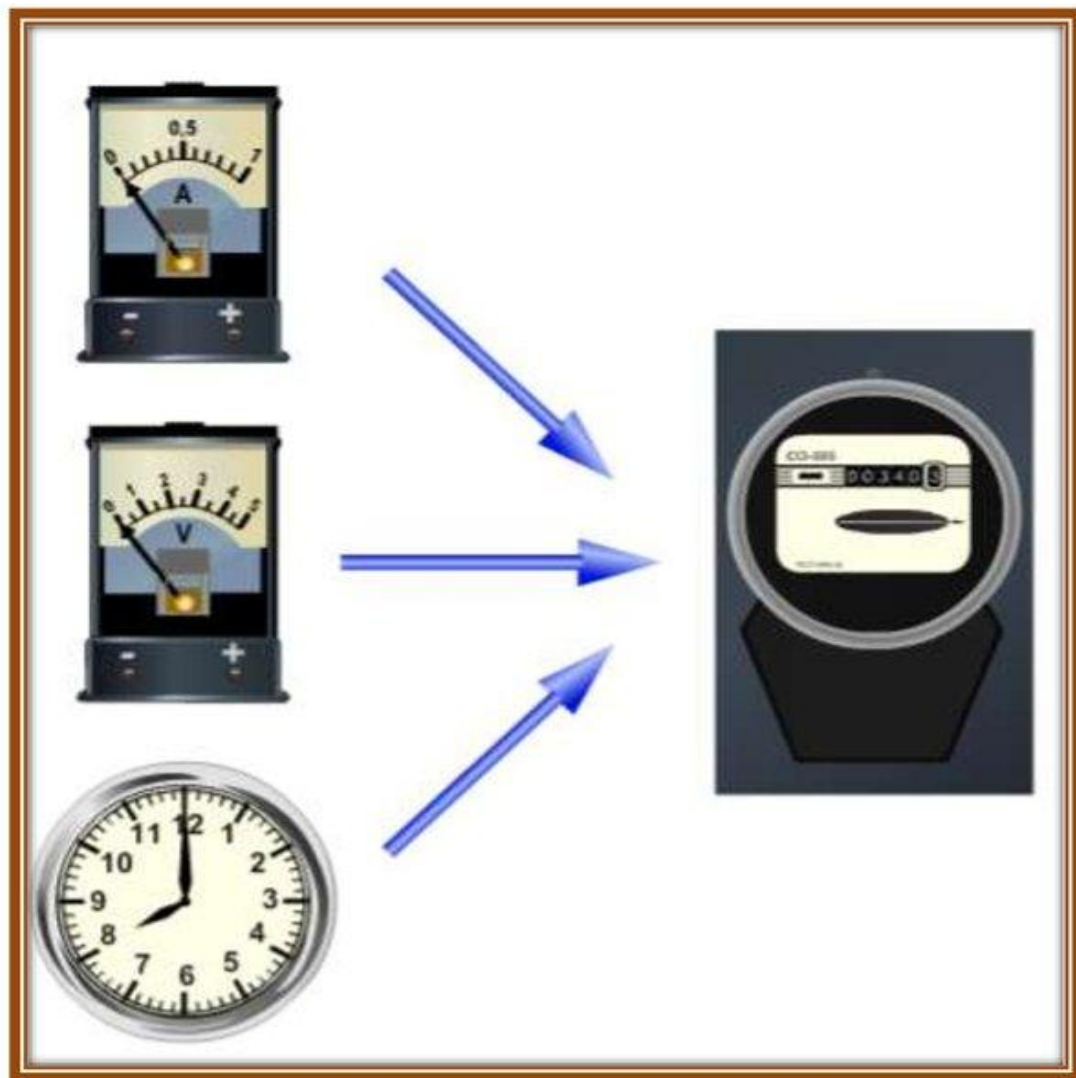
- I – сила тока [А]
- R – сопротивление [Ом]
- t – время [с]



Снежана Планк



Для измерения
работы тока нужны
три прибора:
амперметр,
вольтметр и часы.
На практике работу
электрического
тока измеряют
счетчиками.



Счетчики - приборы для измерения работы электрического тока



Мощность тока

Мощность – это работа, совершаемая за единицу времени

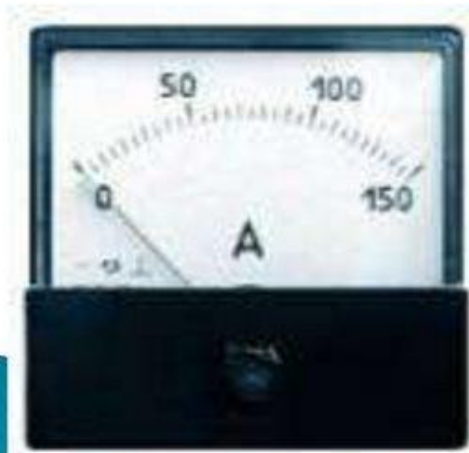
$$P = \frac{A}{t}, \text{ где } P = \frac{A}{t} = \frac{UIt}{t} = UI$$

$$P = I \cdot U$$

Приборы для измерения мощности:



Вольтметр



Амперметр

ваттметр



*Работа и мощность
электрического тока.*

$$A = U \cdot I \cdot t$$

$$A = I^2 \cdot R \cdot t$$

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

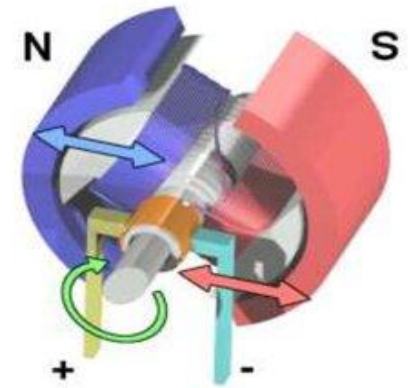
$$P = U \cdot I$$

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

ЗАДАЧИ

1. Какую работу совершает электрический ток в электродвигателе за 30 мин, если сила тока в цепи $0,5\text{A}$, а напряжение на клеммах двигателя 12V ?



2. Каким сопротивлением обладает лампа мощностью 40W , работающая под напряжением 220V ?



НАГРЕВАЕТСЯ

ВЫДЕЛЯЕТ КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ - Q

ЗАКОН ДЖОУЛЯ - ЛЕНЦА



1841г

Джоуль

Джеймс Прескотт



1842г

Ленц Эмилий
Христианович

ЗАКОН ДЖОУЛЯ - ЛЕНЦА

Количество теплоты, выделяемое проводником с током равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени.

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

Законы Кирхгофа – правила, которые показывают, как соотносятся токи и напряжения в электрических цепях.



- Густав Кирхгоф – нем. физик XIX в.
- В 1845 году – сформулировал правила (законы) электрических цепей

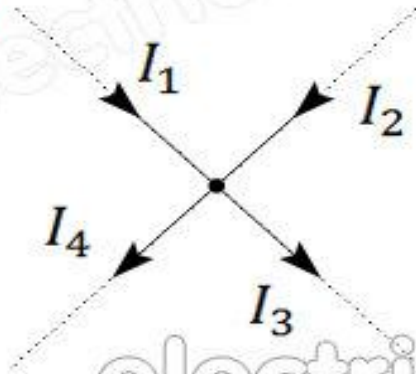
Для сложных цепей, состоящих из многих узлов и соединений, при вычислении токов и напряжений необходимо использовать законы Кирхгофа

1-й закон Кирхгофа

*Алгебраическая сумма токов
в узле равна нулю*

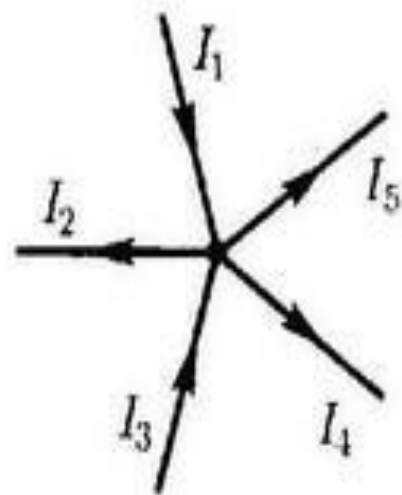
$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

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



Узлом называется точка
пересечения всех проводников

I закон Кирхгофа -



алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю

или

сумма токов, протекающих к точке разветвления (узловой точке), равна сумме токов, утекающих от этой точки

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

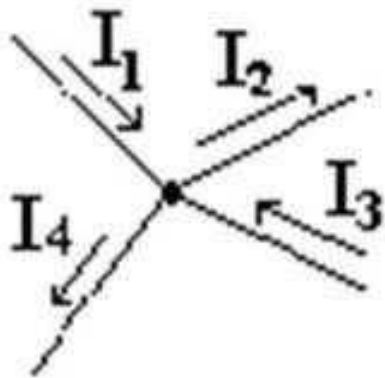
$$\sum_k I_k = 0$$

Вытекает из закона сохранения заряда

1.3.

1-й ЗАКОН Кирхгофа

Алгебраическая сумма токов ветвей, сходящихся в узле, равна нулю.



$$\sum I_k = 0$$

При этом токи, направленные к узлу, берут с одним произвольно выбранным знаком, а токи, направленные от узла – с противоположным.

II закон Кирхгофа

В замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падения напряжения

$$\sum_{i=1}^n U_i = \sum_{i=1}^n E_i$$

Количество уравнений по второму закону Кирхгофа определяется по формуле **$m-(n-1)$**

ВТОРОЙ ЗАКОН КИРХГОФА

В любом замкнутом контуре алгебраическая сумма падений напряжений равна алгебраической сумме ЭДС

$$\sum_{i=1}^k E_i = \sum_{i=1}^m I_i R_i$$

где k – число источников ЭДС;

m – число ветвей в замкнутом контуре;

I_i, R_i – ток и сопротивление i -й ветви

Работа электрического тока

Работа A Дж – Джоуль

$$\text{Дж} = \text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с} = \text{Вт} \cdot \text{с}$$

$$A = q \cdot U \quad A = I \cdot U \cdot t$$

$$A = \frac{U^2}{R} \cdot t \quad A = I^2 \cdot R \cdot t$$

Прибор – счетчик

Мощность электрического тока

- это физическая величина, которая показывает, какая работа A была совершена электрическим током за промежуток времени t .

Мощность электрического тока

$$P = \frac{A}{t}$$



$$P = U \cdot I$$

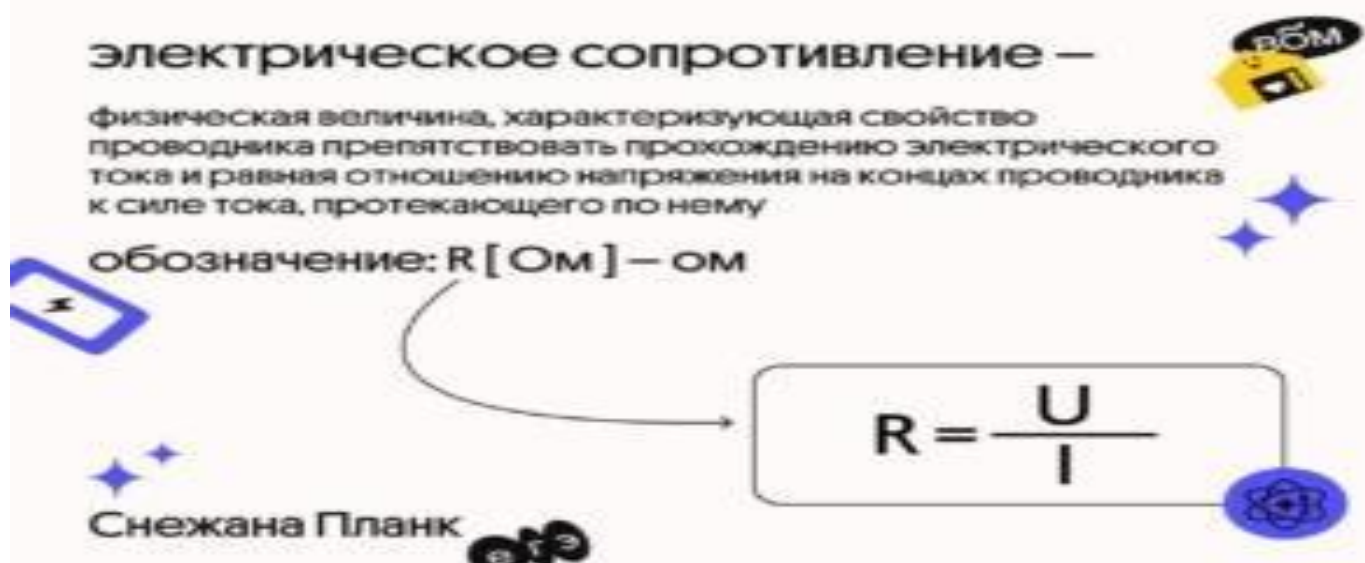
$$P = I^2 \cdot R$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

электрическое сопротивление –

физическая величина, характеризующая свойство проводника препятствовать прохождению электрического тока и равная отношению напряжения на концах проводника к силе тока, протекающего по нему

обозначение: R [Ом] – ом


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

Снежана Планк

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

ρ – удельное сопротивление

l – длина проводника

S – площадь сечения проводника

Таблица

Физическая величина	Обозначение	Единица измерения	Формула	Прибор для измерения
Сила тока	I	А	$I=q/t, I=U/R$	Амперметр
Напряжение	U	В	$U=A/q, U=I \cdot R$	Вольтметр
Сопротивление	R	Ом	$R=\rho \cdot l/S, R=U/I$	Омметр
Работа	A	Дж	$A=U \cdot I \cdot t$	Счетчик
<u>Мощность</u>	<u>P</u>	<u>Вт</u>	<u>$P=U \cdot I$</u>	<u>Ваттметр</u>



Смотри, не ошибись!

- Закон Ома
- Сила тока
- Сопротивление
- Работа эл. тока
- Мощность эл. тока
- Напряжение

$$A = U \cdot I \cdot t$$

$$P = UI$$

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

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

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

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

Условное обозначение элементов электрической цепи



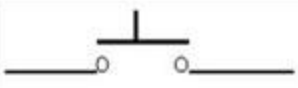

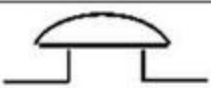




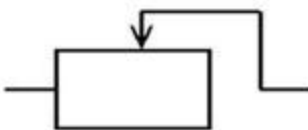



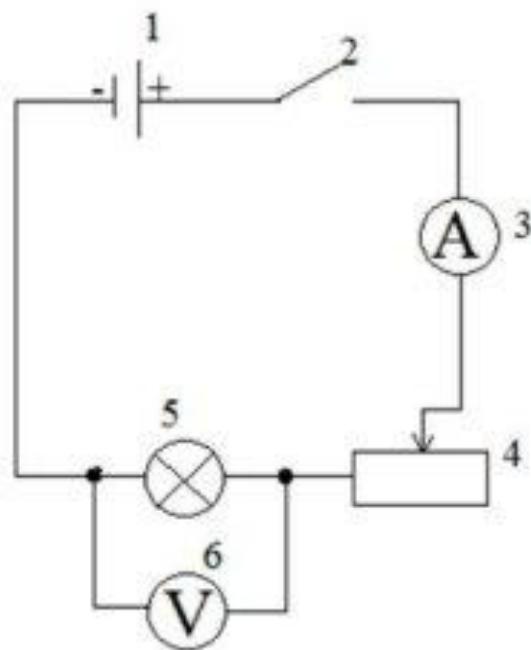
источники тока	потребители	управляющие элементы	провода
 <p>гальванический элемент</p>	 <p>лампочка</p>	 <p>кнопка</p>	 <p>соединение проводов</p>
	 <p>звонок</p>	 <p>ключ</p>	 <p>клеммы</p>
 <p>батарея элементов</p>	 <p>резистор</p>	 <p>реостат</p>	 <p>пересечение проводов</p>
	 <p>нагревательный элемент</p>	 <p>предохранитель</p>	

Схема электрической цепи.

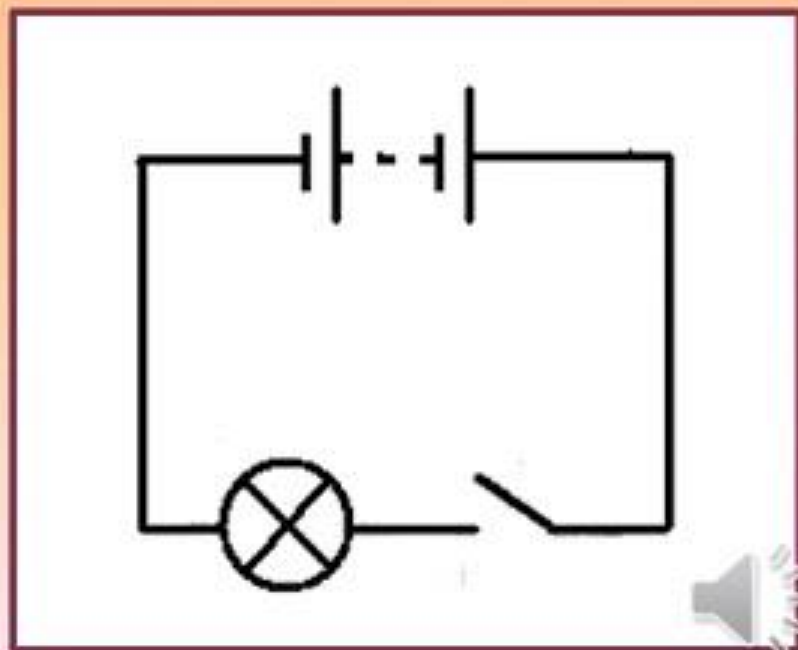
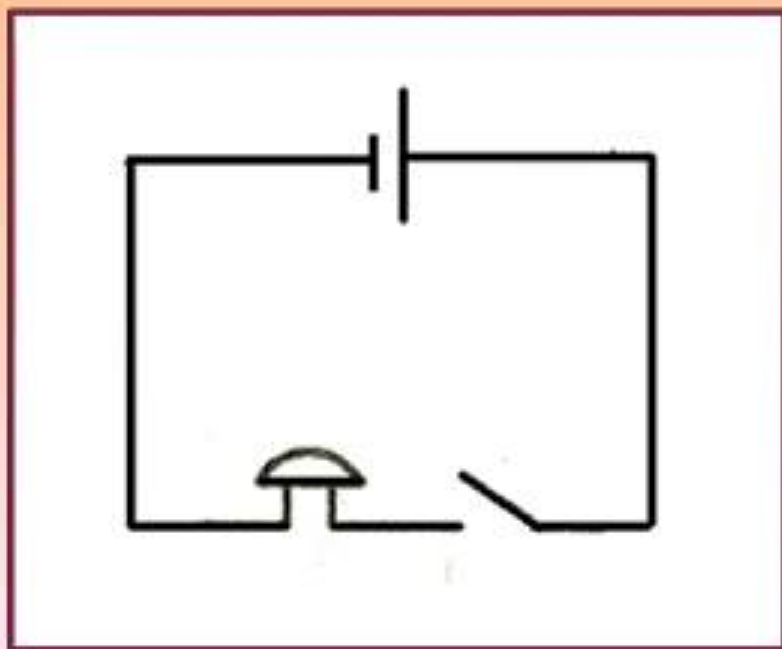
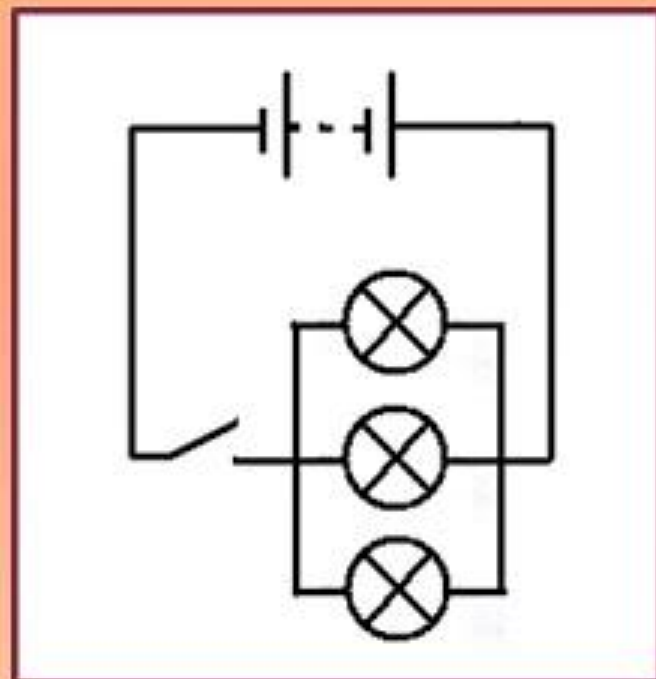


1. Аккумулятор
2. Ключ
3. Амперметр
4. Реостат
5. Электрическая лампочка
6. Вольтметр

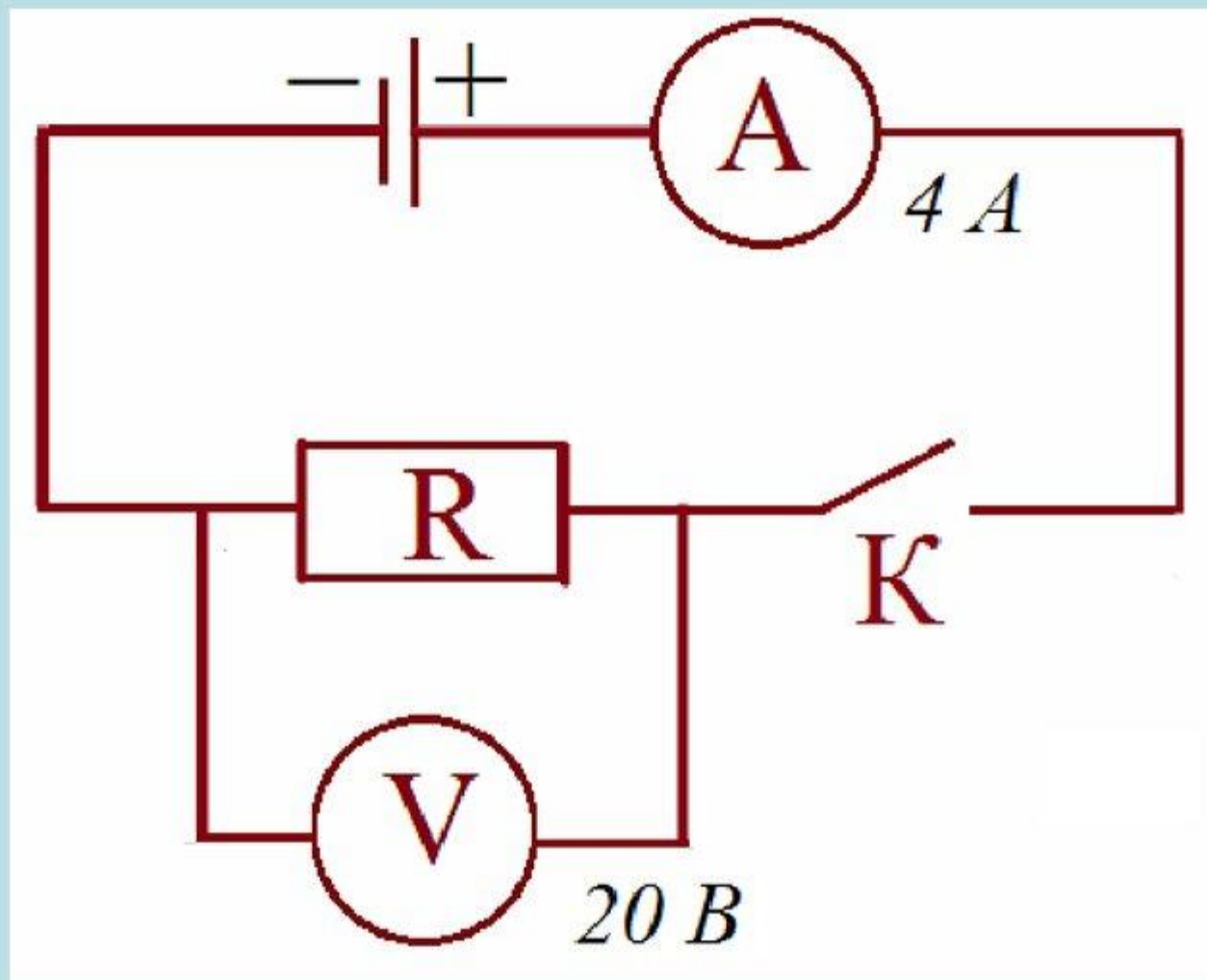
«Назови элементы цепи»

Какие приборы входят в электрическую цепь?

Что произойдёт при замыкании ключа?



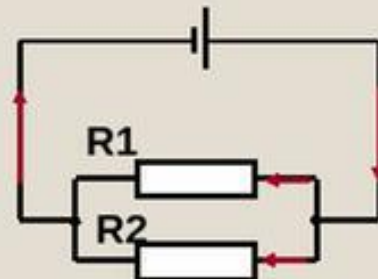
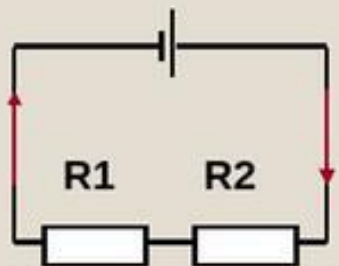
Метод вольтметра и амперметра



**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**

$$R = R_1 + R_2$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$