

Закон Ома для полной цепи.  
Электричество и магнетизм

# Содержание лекции

- Идеальный и реальный источники напряжения
- Закон Ома для полной цепи
- Способы определения внутреннего сопротивления
- Электрическое и магнитное поля
- Опыт Эрстеда
- Закон электромагнитной индукции
- Принцип работы электродвигателя
- Принцип работы электрогенератора
- Контрольные вопросы
- Задачи

# Идеальный и реальный источники напряжения

- Идеальный источник напряжения обладает нулевым внутренним сопротивлением. Если замкнуть такой источник, то ток устремится к бесконечности (неограниченная мощность).
- Реальные источники напряжения обладают не нулевым внутренним сопротивлением и ограниченной мощностью.
- Все источники напряжения обладают внутренним сопротивлением и это необходимо учитывать при расчетах.

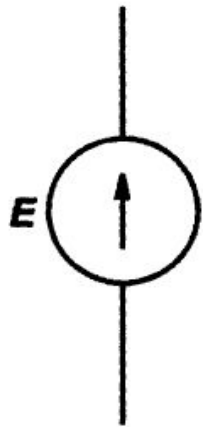
# Обозначение источников на схемах



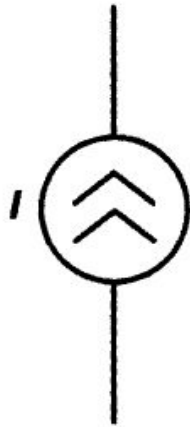
Гальванический элемент или аккумулятор



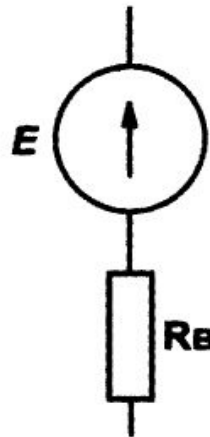
Гареея элементов или аккумуляторов



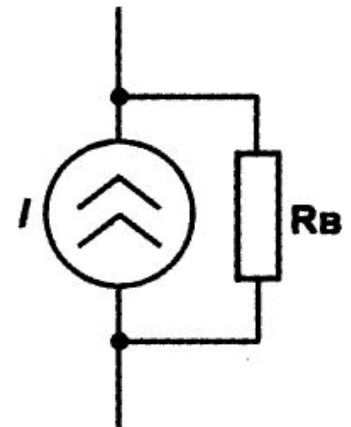
*a*



*б*



*в*



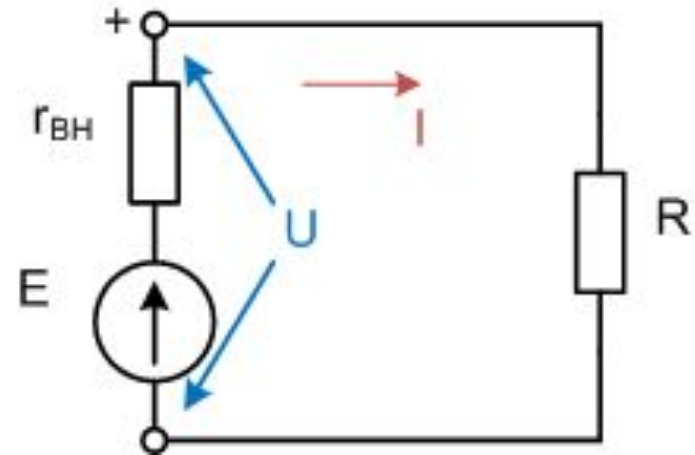
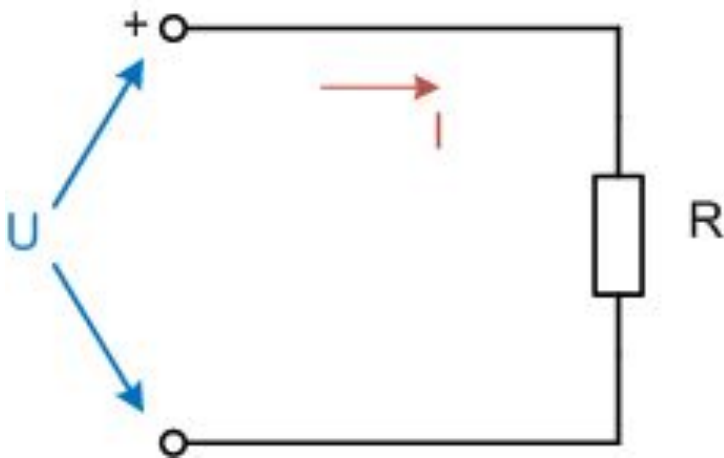
*г*

Источники тока и напряжения: *a* — обозначение идеального источника напряжения;  
*б* — обозначение идеального источника тока; *в* — эквивалентная схема реального источника  
напряжения; *г* — эквивалентная схема реального источника тока

# Закон Ома для полной цепи

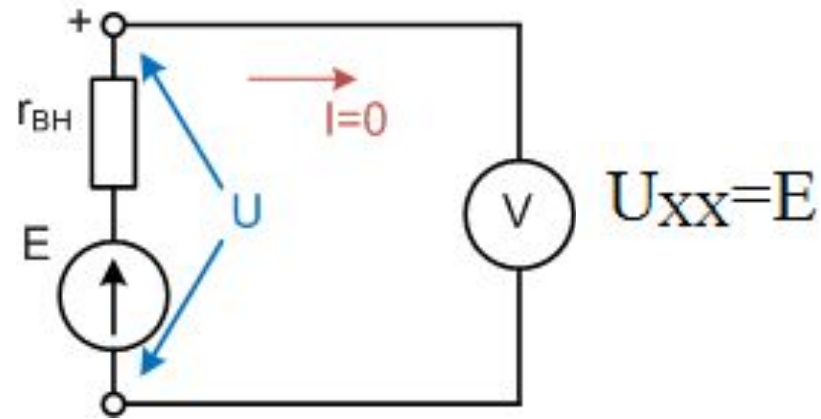
Сила тока, протекающего в полной цепи, равна отношению ЭДС источника тока к полному сопротивлению этой цепи.

$$I = \frac{E}{R + r_{BH}}$$

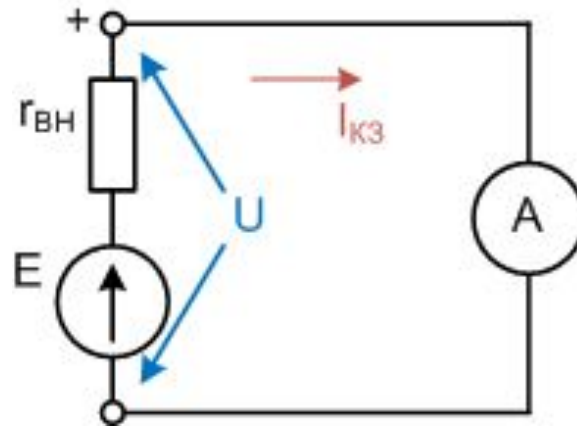


# Определение $R_{вн}$ . Способ 1.

1. В режиме холостого хода ( $I=0$ ) измерить ЭДС источника  $U_{ХХ}=E$ .



2. Измерить ток короткого замыкания



# Определение Rвн. Способ 1.

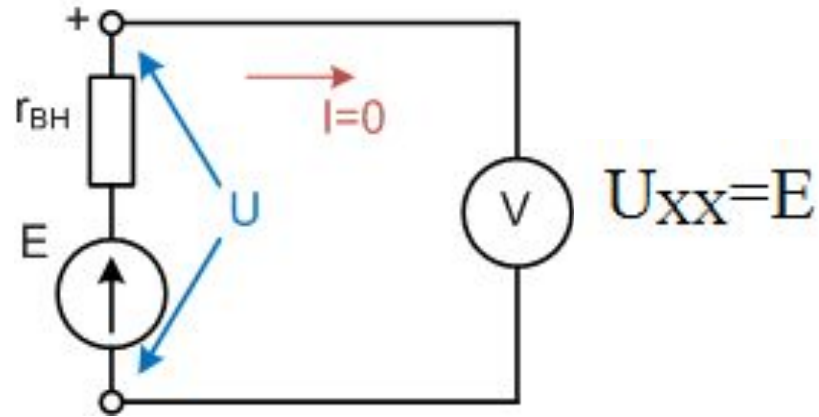
3. Рассчитать внутреннее сопротивление по формуле.

$$r_{вн} = \frac{U_{ХХ}}{I_{кз}}$$

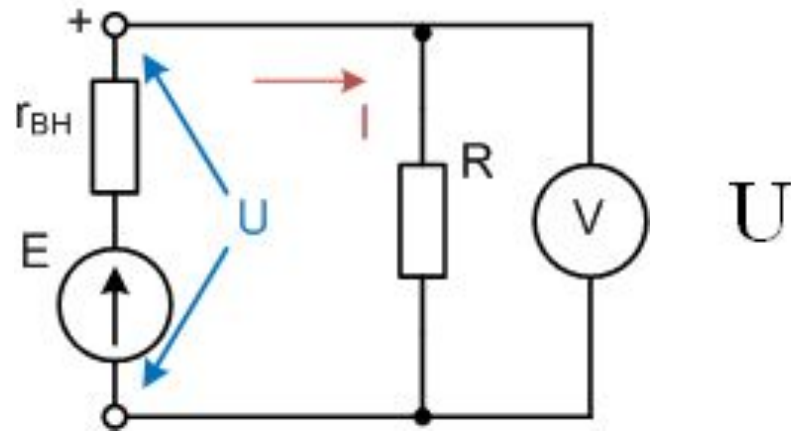
Данный способ не всегда применим из-за опыта короткого замыкания. При малом внутреннем сопротивлении  $I_{кз}$  может быть очень большим.

# Определение $R_{вн}$ . Способ 2.

1. В режиме холостого хода ( $I=0$ ) измерить ЭДС источника  $U_{ХХ}=E$ .



2. Измерить напряжение под нагрузкой





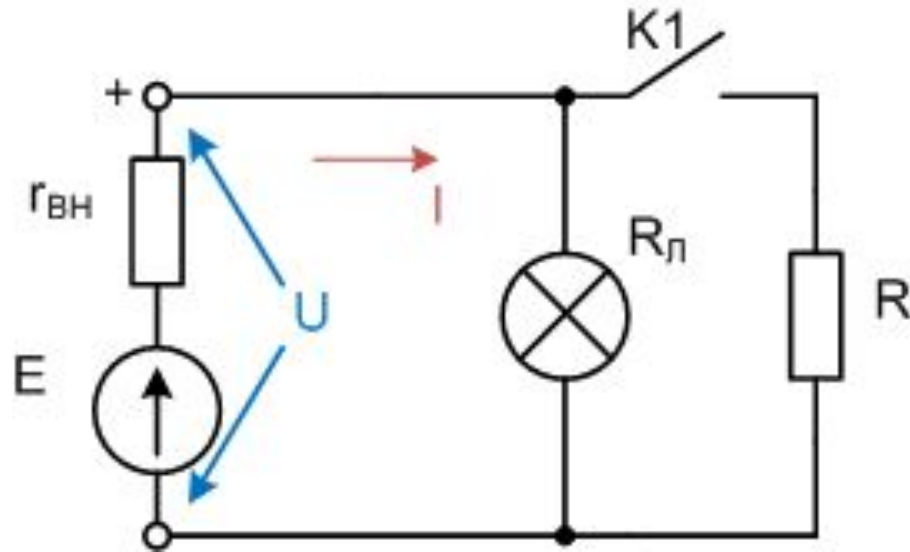
## Определение Rвн. Способ 2.

3. Вычислить внутреннее сопротивление источника по формуле

$$r_{BH} = \frac{U_{XX} - U}{I} = \frac{U_{XX} - U}{\frac{U}{R}} = \left( \frac{U_{XX}}{U} - 1 \right) \cdot R$$

Разность  $U_{XX} - U$  – это падение напряжения на внутреннем сопротивлении.

Почему при включении электрочайника падает яркость лампочки накаливания ?



# Задания

1. Определить внутреннее сопротивление источника 220 В.
2. Определить внутреннее сопротивление пальчиковой батарейки типа АА 1,5 В.
3. Определить внутреннее сопротивление батарейки типа «Крона» 9 В.
4. Определить внутреннее сопротивление разряженной батарейки типа «Крона» 9 В.
5. Определить внутреннее сопротивление АКБ 12 В.

# Электрическое поле

***Электрическое поле*** – это особая форма материи которая создаётся электрическими зарядами (заряженными телами) и которую можно обнаружить по взаимодействию электрических зарядов (заряженных тел).

# Свойства электрического поля

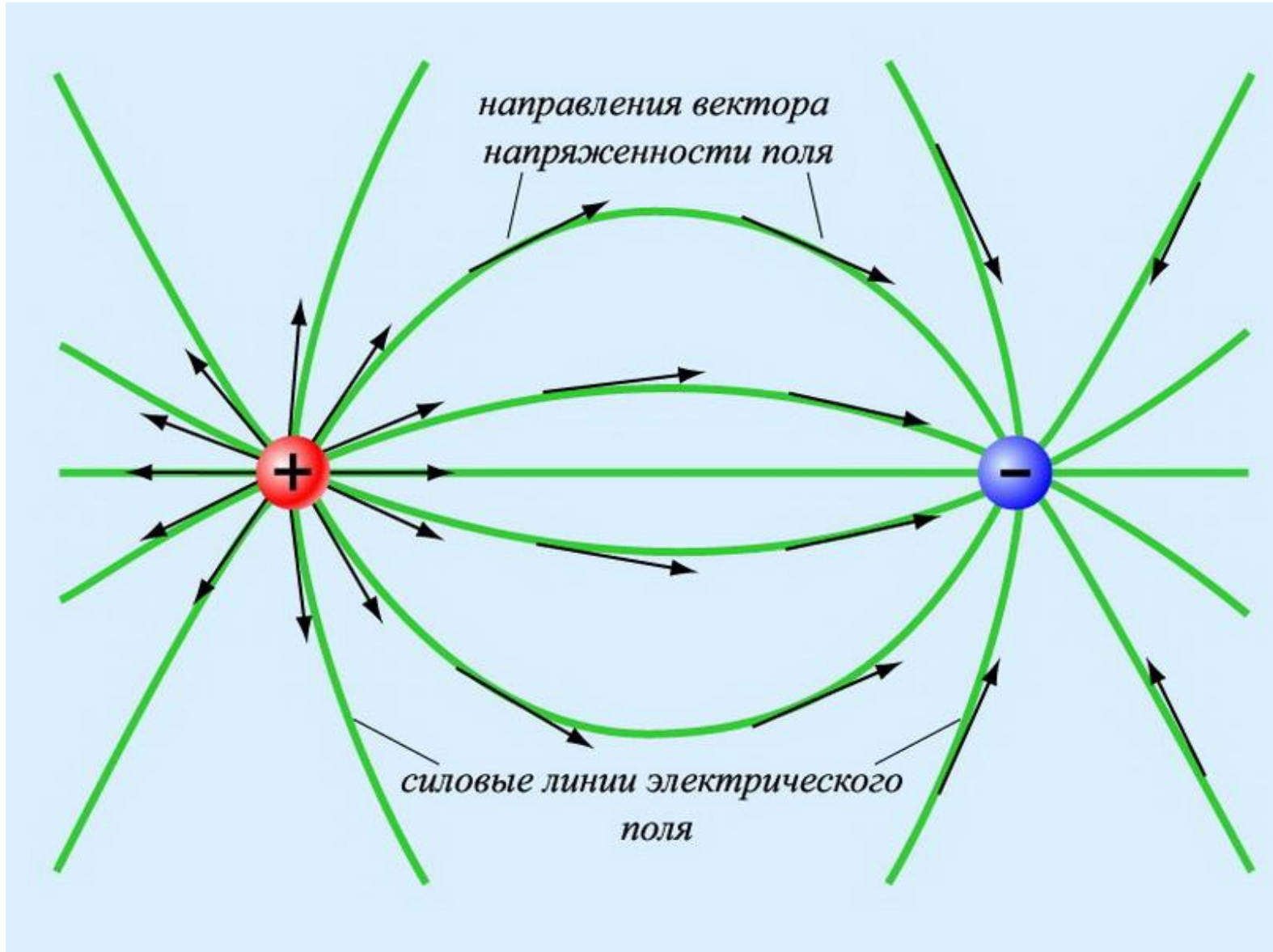
1. Оно материально, т.е. существует независимо от нас и наших знаний о нём.
2. Оно создаётся электрическими зарядами (заряженными телами)
3. Оно обнаруживается по взаимодействию электрических зарядов (заряженных тел)
4. Оно действует на электрические заряды (заряженные тела) с некоторой силой.
5. Электрическое поле непосредственно невидимо, но может наблюдаться по его действию и с помощью приборов.
6. Электрическое поле является одной из составляющих единого электромагнитного поля и проявлением электромагнитного взаимодействия.
7. Для количественного определения электрического поля вводится силовая характеристика напряженность электрического поля.

# Напряженность электрического поля

- Напряженностью электрического поля называют физическую величину, равную отношению силы, с которой поле действует на положительный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда
- Напряженность электрического поля – векторная физическая величина.
- Направление вектора совпадает в каждой точке пространства с направлением силы, действующей на положительный пробный заряд.

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

Силловые линии электрического поля начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных



# Магнитное поле

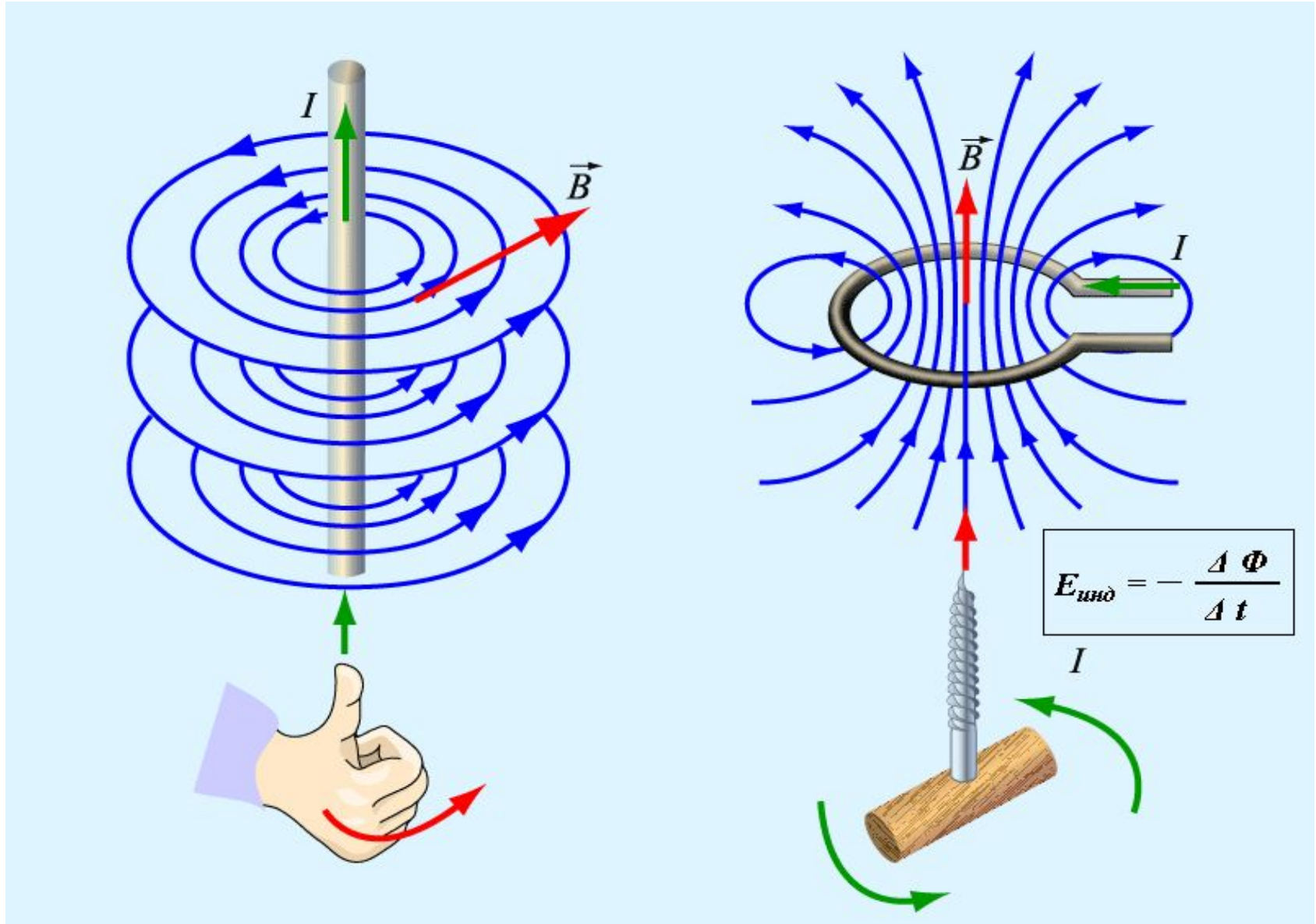
***Магнитное поле*** – это особая форма материи, которая создается магнитами, проводниками с током (движущимися заряженными частицами) и которую можно обнаружить по взаимодействию магнитов, проводников с током (движущихся заряженных частиц).



# Свойства магнитного поля

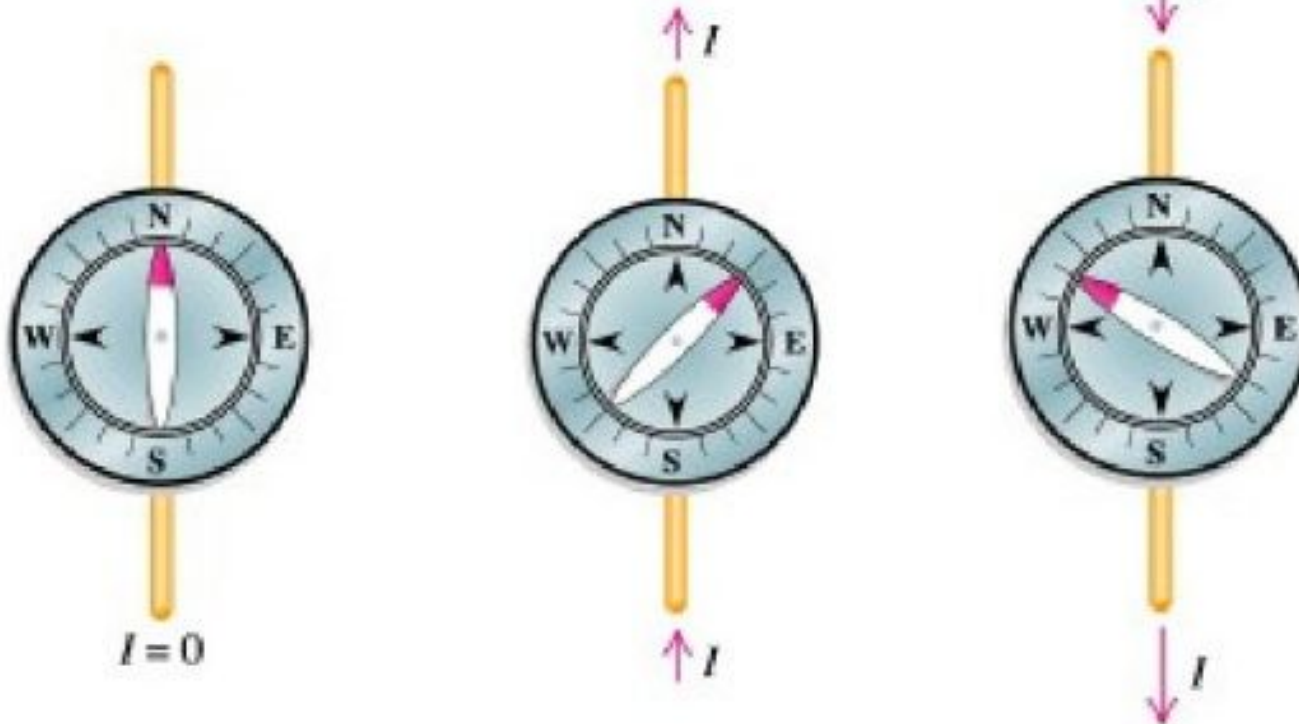
1. Материально, т.е. существует независимо от нас и наших знаний о нём.
2. Порождается движущимися электрическими зарядами, проводниками с током, постоянными магнитами и переменным электрическим полем.
3. Действует с силой на движущиеся электрические заряды, проводники с током, намагниченные тела.
4. Переменное магнитное поле порождает переменное электрическое поле.
5. Магнитные силы действуют в магнитном поле по определенным направлениям, которые называют магнитными силовыми линиями. С их помощью можно удобно и наглядно показывать магнитное поле в том или ином случае.
6. Магнитное поле характеризует вектор магнитной индукции  $[B]=Tл$ .

Направление вектора индукции поля  $\vec{B}$  и силы тока  $I$  связаны «правилом правого винта (буравчика)»



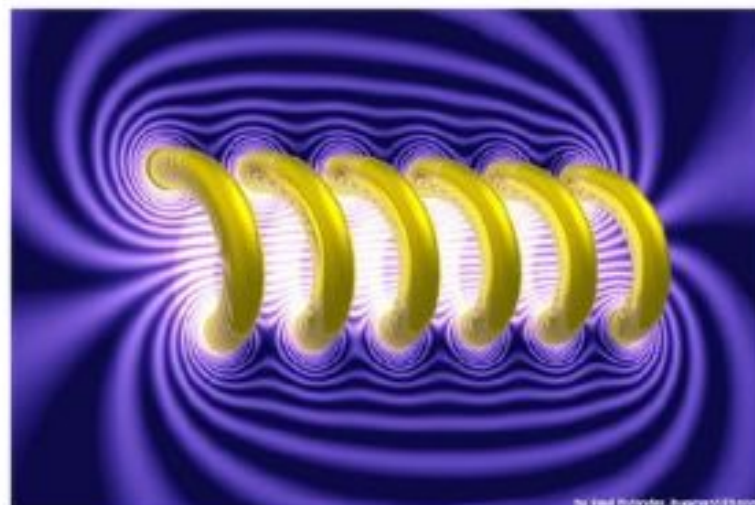
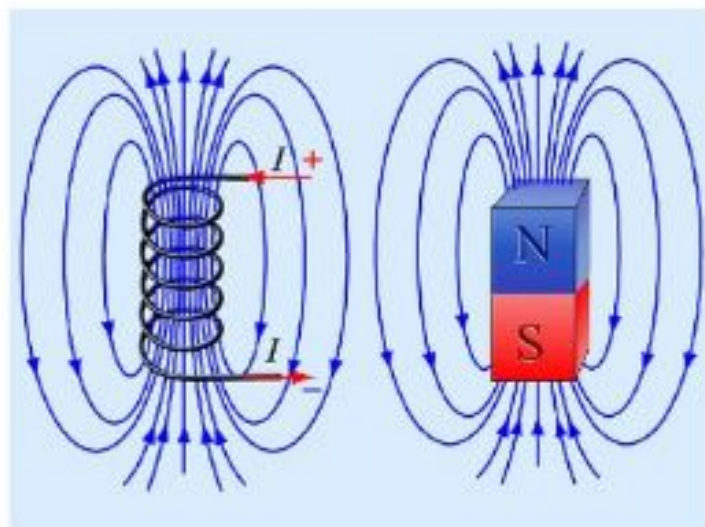
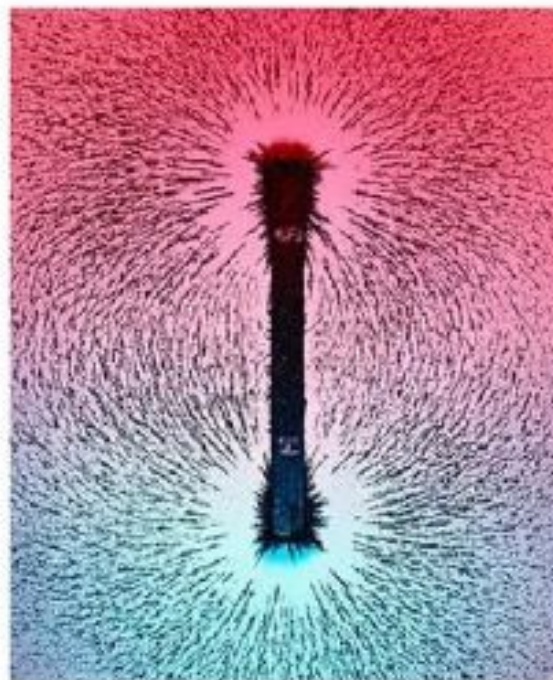
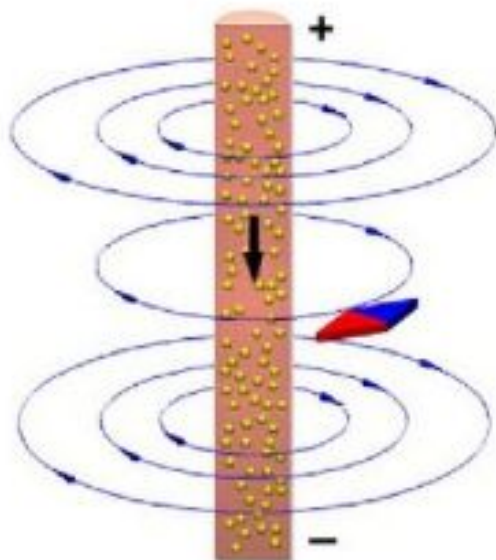
# Опыт Эрстеда

**Опыт Эрстеда** (Г.Х.Эрстед, 1820 г.):  
Магнитная стрелка, расположенная  
вблизи проводника, при пропускании  
тока поворачивается на некоторый  
угол. При размыкании цепи стрелка  
возвращается в исходное положение.

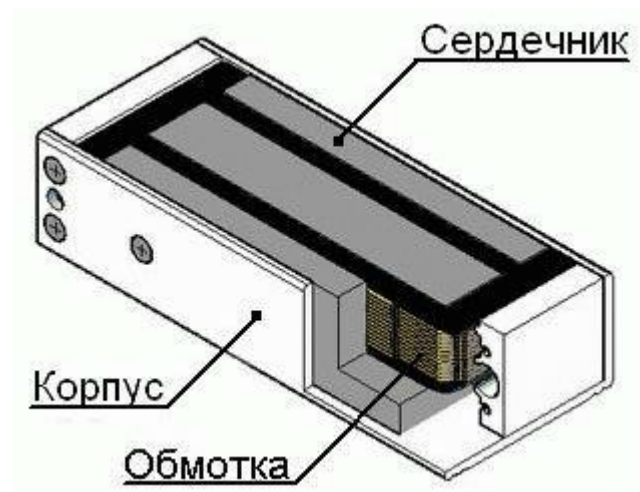




Линии магнитной индукции или силовые линии магнитного поля всегда **замкнуты**:



# Электромагниты



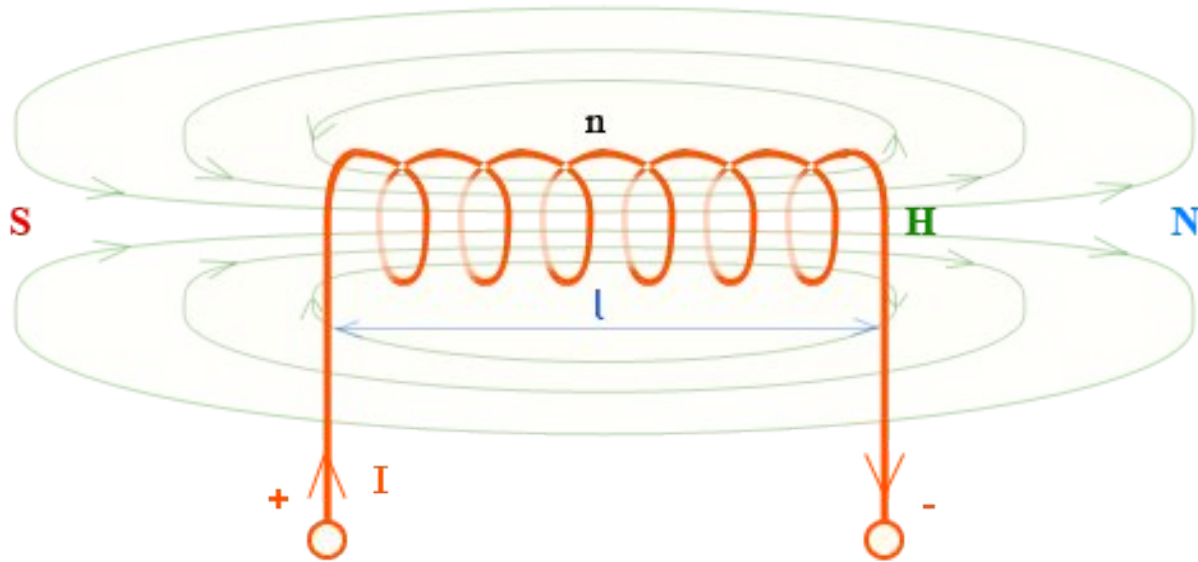
# Закон электромагнитной индукции

- Майкл Фарадей в 1832 году открыл, что переменное магнитное поле порождает электрический ток.
- Закон Фарадея (электромагнитной индукции):

Генерируемая ЭДС пропорциональна скорости изменения магнитного потока

$$E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

# Магнитное поле в катушке



$$H = \frac{I \cdot n}{l}$$

$H$  – напряженность МП

$I$  – ток через катушку

$n$  – число витков

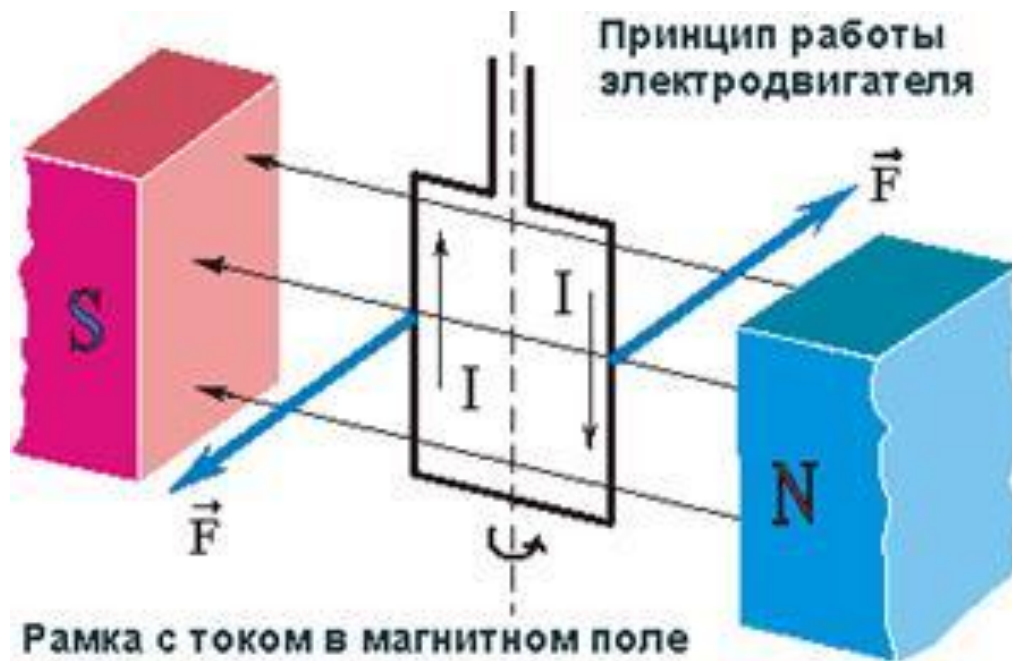
$l$  – длина катушки

$I \cdot n$  – число ампер-витков



# Принцип работы электродвигателя

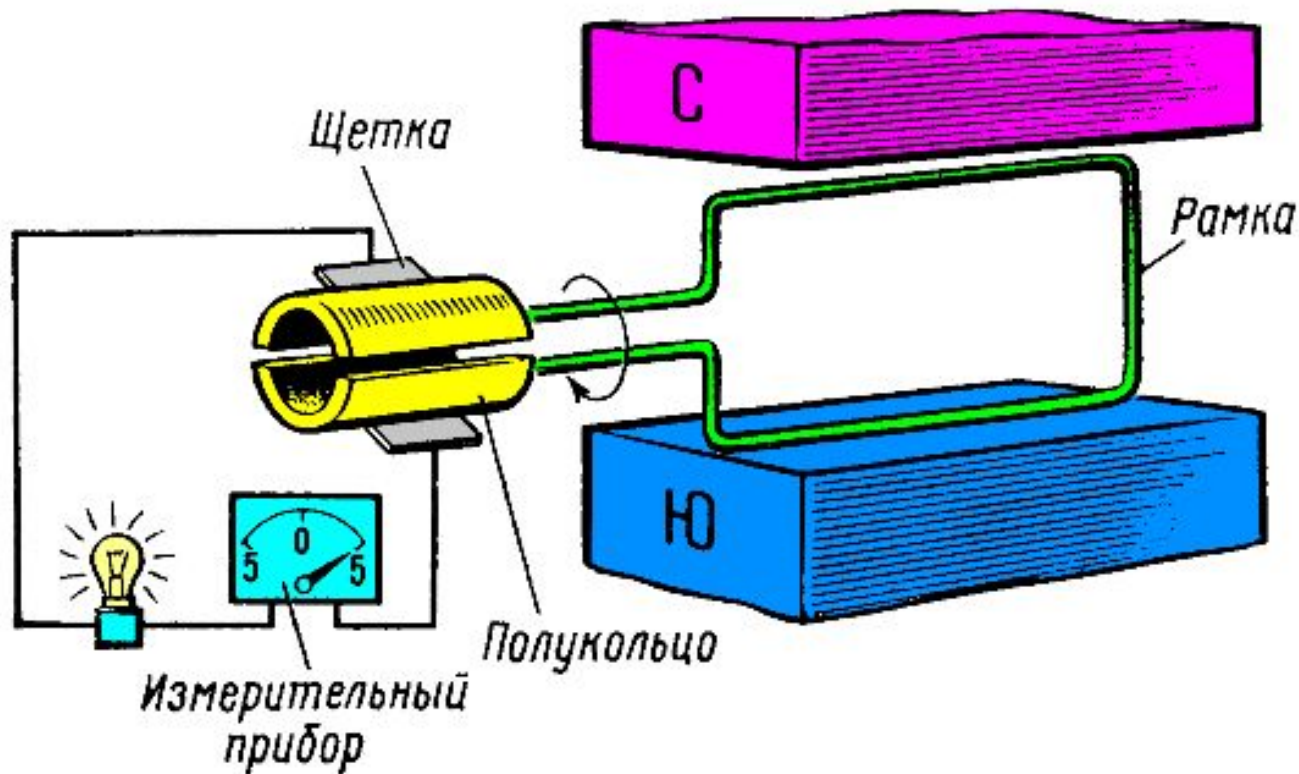
Если по проволочной рамке в магнитное поле пропустить электрический ток, то рамка (контур с током) вращается. Это явление лежит в основе работы электродвигателя.





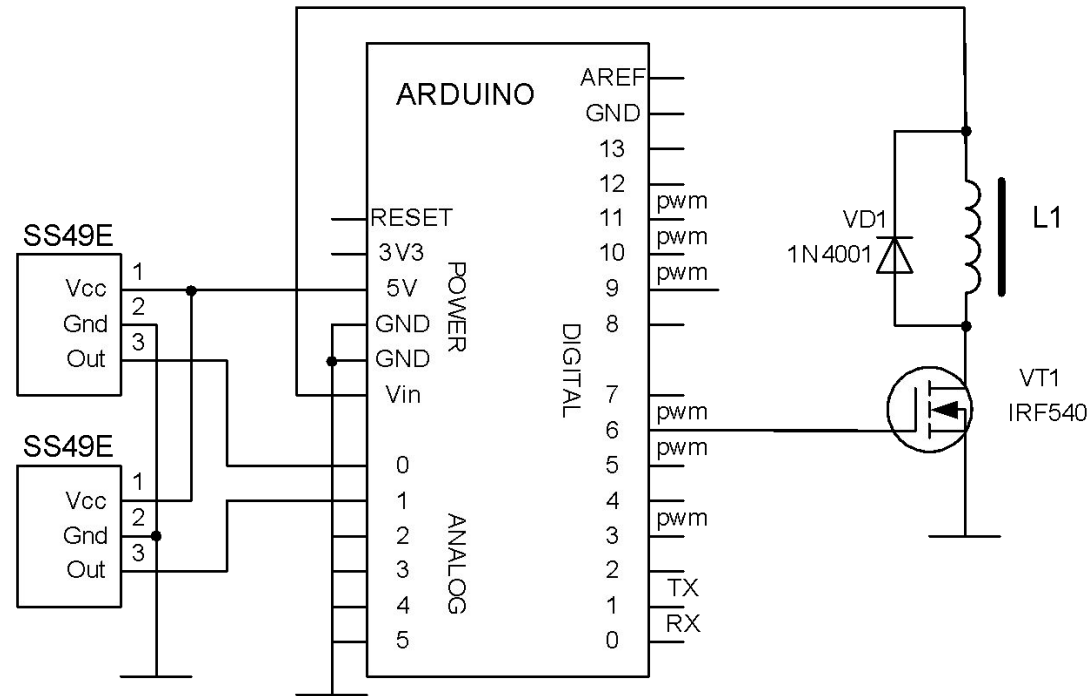
# Принцип работы электрогенератора

При вращении рамки в магнитном поле в ней генерируется электрический ток



Генератор постоянного тока

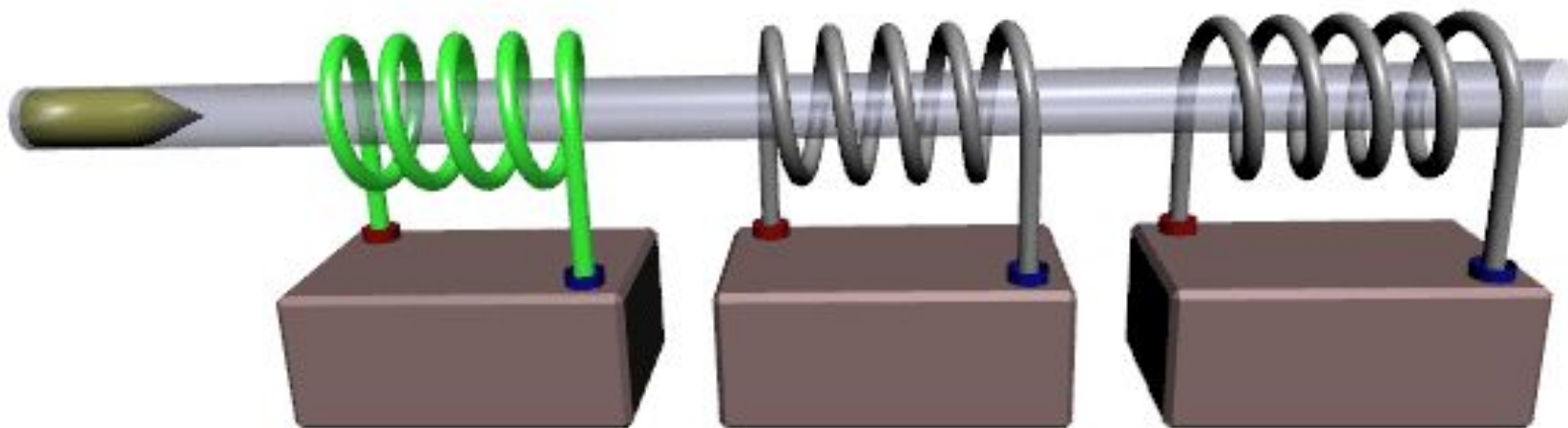
# Левитрон



# Пушка Гаусса

Пушка Гаусса состоит из соленооида, внутри которого находится ствол из диэлектрика. При протекании электрического тока в соленооиде возникает электромагнитное поле, которое разгоняет снаряд из ферромагнетика, «втягивая» его внутрь соленооида.

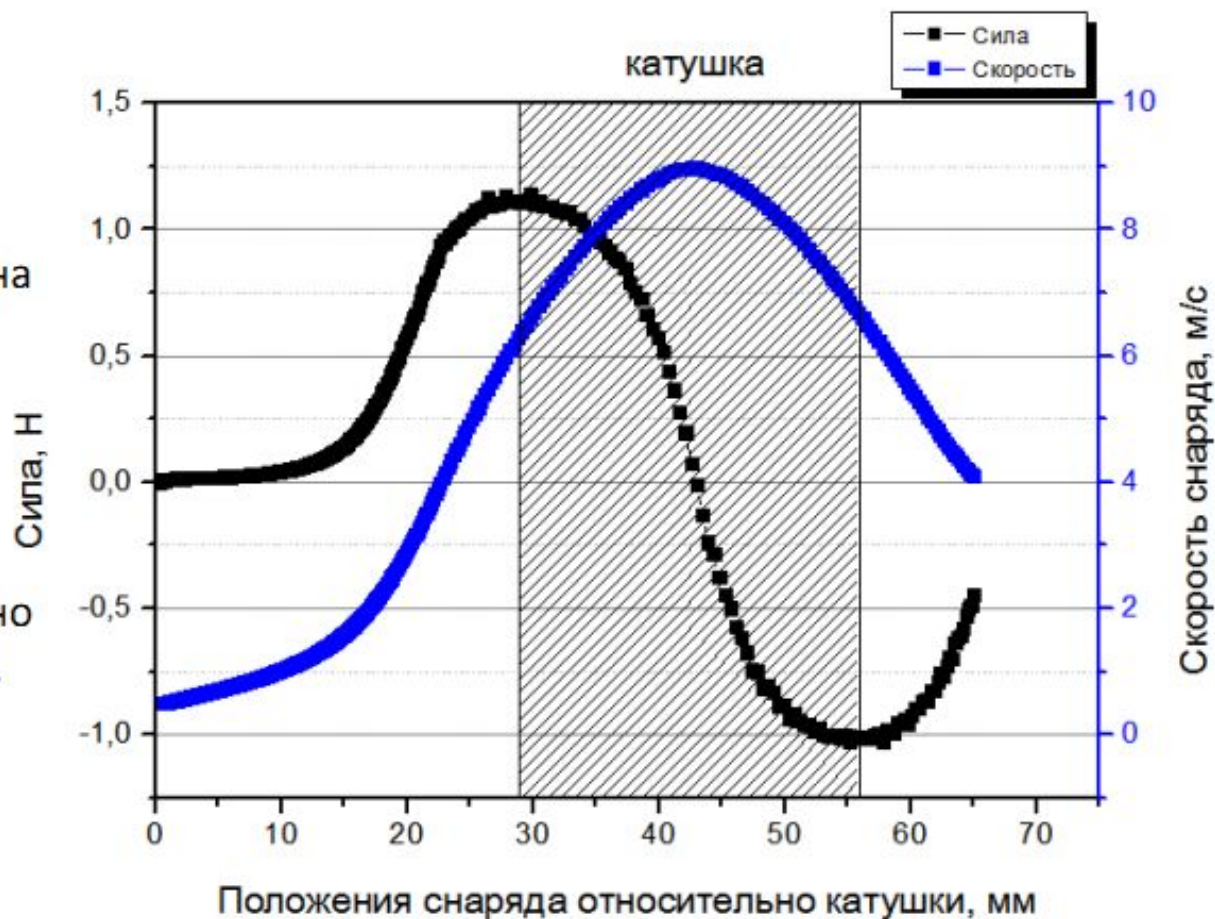
Для наибольшего эффекта импульс тока в соленооиде должен быть кратковременным и мощным. Как правило, для получения такого импульса используются электролитические конденсаторы большой ёмкости и с высоким рабочим напряжением.



# Пушка Гаусса

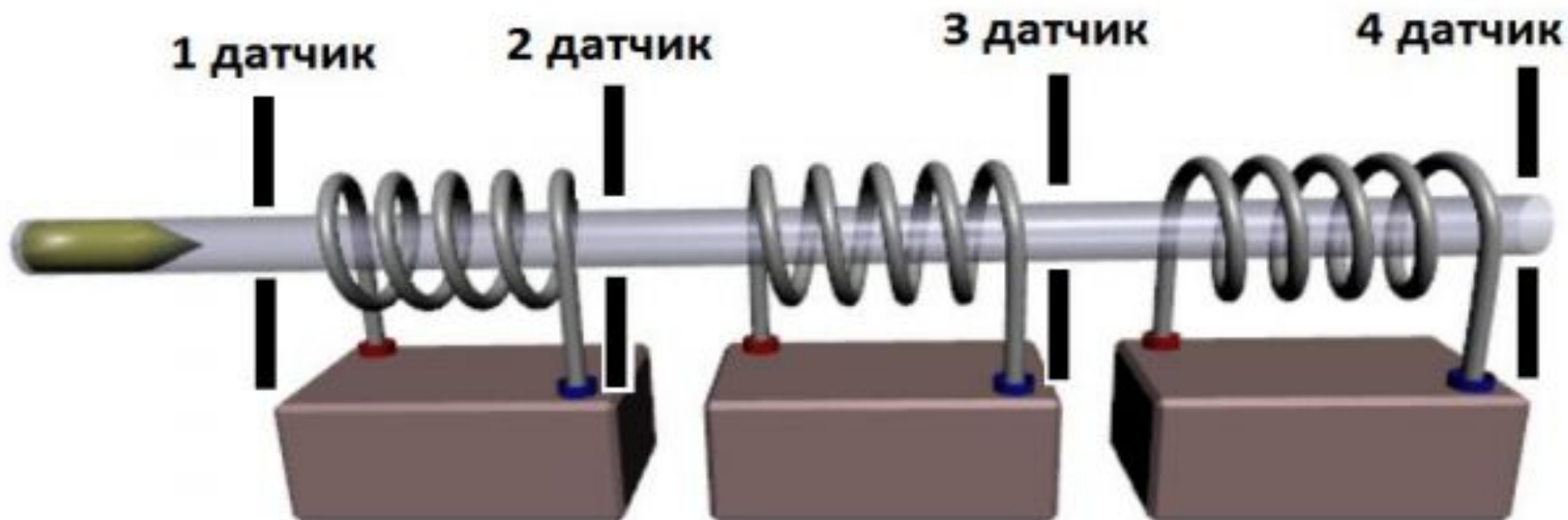
➤ Сила втягивание максимальна при влете в катушку, равна нулю в середине катушки и отрицательна при вылете из катушки

➤ Скорость максимальна в середине катушки. Поэтому в момент, когда снаряд находится в середине, необходимо как можно быстрее выключить ток в катушке.



# Пушка Гаусса

Для синхронизации моментов включения и выключения токов через катушки используют датчики положения снаряда.



# Контрольные вопросы

1. Идеальный и реальный источники напряжения.
2. Способы определения внутреннего сопротивления источника.
3. Закон Ома для полной цепи.
4. Электрическое поле и его свойства.
5. Магнитное поле и его свойства.
6. Что показал опыт Эрстеда?
7. Что показал опыт Фарадея?
8. От чего зависит сила магнитного поля катушки?
9. Принцип работы электродвигателя.
0. Принцип работы электрогенератора.
1. Принцип действия пушки Гаусса.

## Задача 14.

Взяли пальчиковую батарейку. Сначала вольтметром измерили ее напряжение, получили 1,5 В, затем амперметром измерили ее ток – 500 мА. Определите внутреннее сопротивление батарейки.

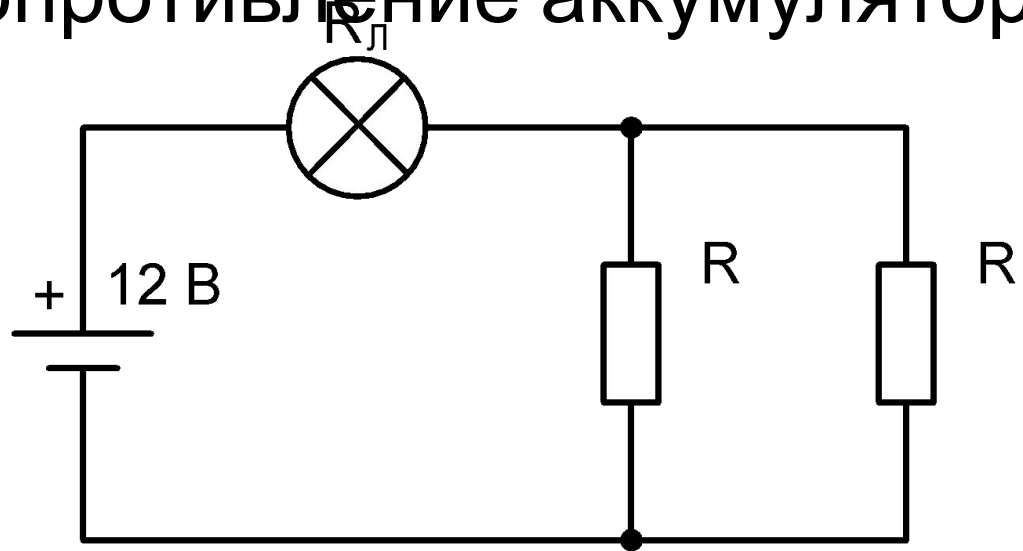
## Задача 15.

При включении электрочайника мощностью 2 кВт напряжение в розетке упало с 220 до 210 вольт ? Определите внутреннее сопротивление розетки.



## Задача 16.

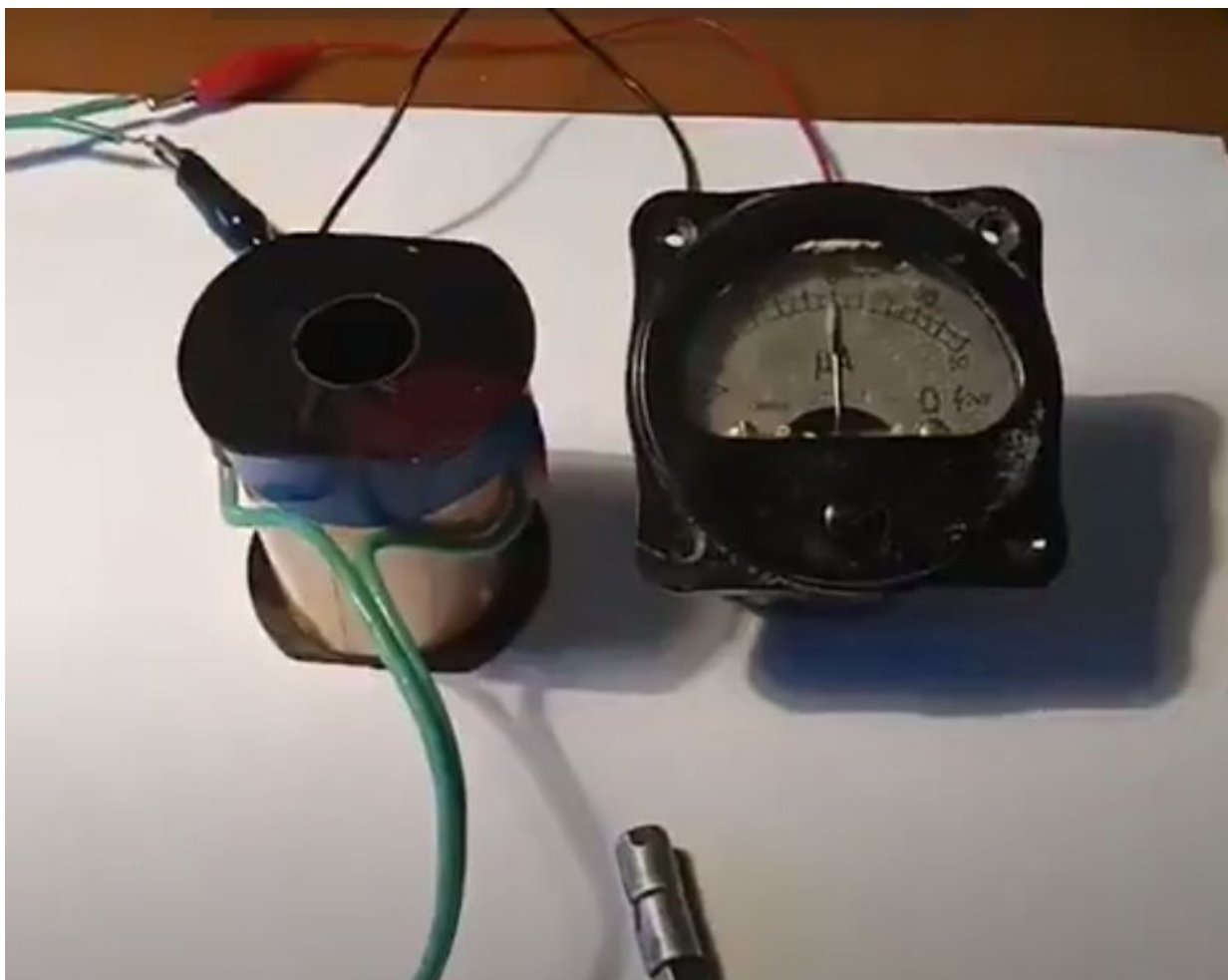
К аккумулятору с ЭДС 12 В подключена лампочка и два параллельно соединенных резистора с сопротивлением по 10 Ом. Известно, что ток в цепи 0,5 А, а сопротивление лампочки  $R/2$ . Найти внутреннее сопротивление аккумулятора.



# Опыт с катушкой и магнитом

<https://www.youtube.com/watch?v=TvIZD3abqGM>

Почему так происходит?



# Опыт с конденсатором

<https://www.youtube.com/watch?v=wS3-DiITvkQ>

Почему при замыкании конденсатора мы видим искры, а при замыкании батарейки – нет.

