



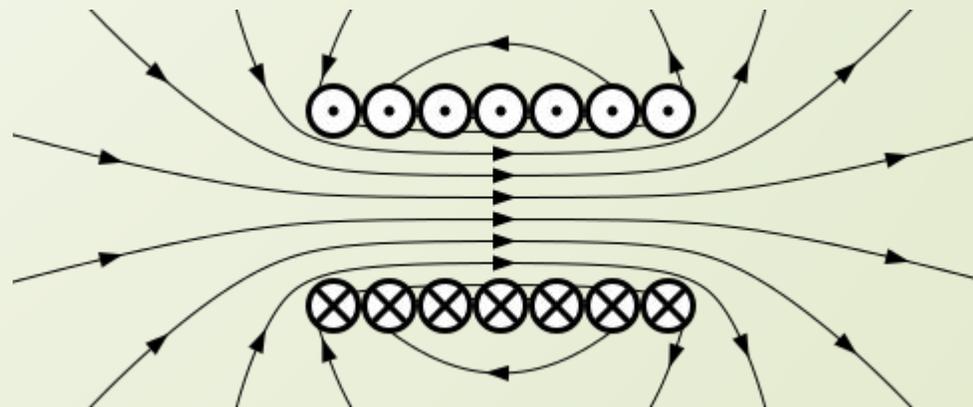
# Электрический ток. Уравнение непрерывности

Выполнил студент группы РТ-11

Тамков Павел

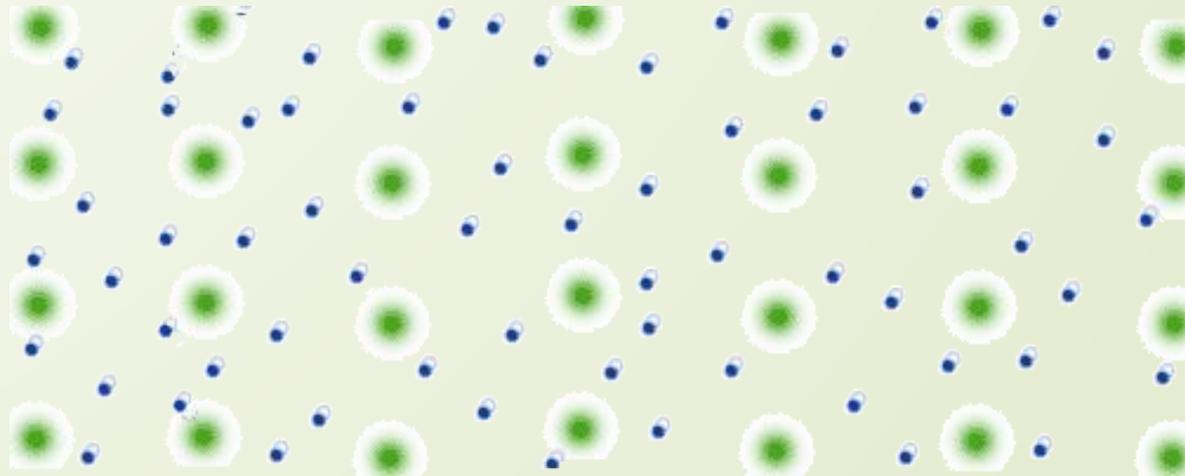
# Электрический ток

- Электрический ток — направленное (упорядоченное) движение частиц или квазичастиц — носителей электрического заряда. Такими частицами могут являться: в металлах — электроны, в электролитах — ионы (катионы и анионы), в газах — ионы и электроны, в вакууме при определённых условиях — электроны, в полупроводниках — электроны и дырки (электронно-дырочная проводимость). Иногда электрическим током называют также ток смещения, возникающий в результате изменения во времени электрического поля



# Электрический ток имеет следующие проявления

- нагревание проводников (не происходит в сверхпроводниках);
- изменение химического состава проводников (наблюдается преимущественно в электролитах);
- создание магнитного поля (проявляется у всех без исключения проводников)



# Классификация

- Постоянный ток
- Переменный ток
- Периодический ток
- Синусоидальный ток
- Квазистационарный ток
- Ток высокой частоты
- Пульсирующий ток
- Однонаправленный ток
- Вихревые токи

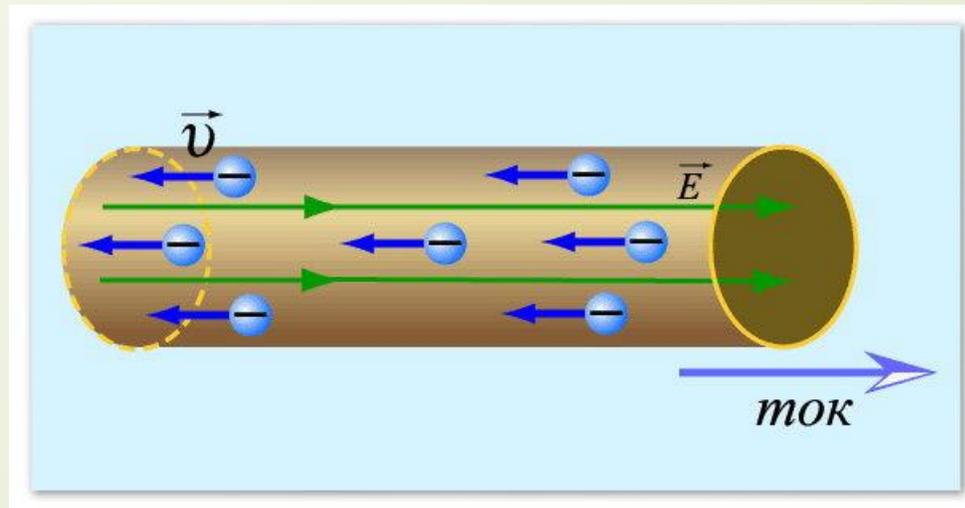
# Характеристики

- Исторически принято, что направление тока совпадает с направлением движения положительных зарядов в проводнике. При этом, если единственными носителями тока являются отрицательно заряженные частицы (например, электроны в металле), то направление тока противоположно направлению движения заряженных частиц



# Дрейфовая скорость электронов

- Скорость (дрейфовая) направленного движения частиц в проводниках, вызванного внешним полем, зависит от материала проводника, массы и заряда частиц, окружающей температуры, приложенной разности потенциалов и составляет величину, намного меньшую скорости света. За 1 секунду электроны в проводнике перемещаются за счёт упорядоченного движения меньше чем на 0,1 мм — в 20 раз медленнее скорости



# Сила тока

- Сила тока — физическая величина, равная отношению количества заряда, прошедшего за некоторое время через поперечное сечение проводника, к величине этого промежутка времени.

Сила тока в Международной системе единиц (СИ) измеряется в амперах

По закону Ома сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению, приложенному к этому участку цепи, и обратно пропорциональна его сопротивлению

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}.$$

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

# МОЩНОСТЬ

При наличии тока в проводнике совершается работа против сил сопротивления. Электрическое сопротивление любого проводника состоит из двух составляющих:

- активное сопротивление — сопротивление теплообразованию;
- реактивное сопротивление — «сопротивление, обусловленное передачей энергии электрическому или магнитному полю (и обратно)»

Мощность измеряется в ваттах

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

# Интересное видео



# Объёмная мощность

- В сплошной среде объёмная мощность потерь определяется скалярным произведением вектора плотности тока и вектора напряжённости электрического поля в данной точке

Объёмная мощность измеряется в ваттах на кубический метр.

$$p = (\vec{j}\vec{E}) = \sigma E^2 = \frac{j^2}{\sigma}$$

# Частота

- Понятие частоты относится к переменному току, периодически изменяющему силу и/или направление. Сюда же относится наиболее часто применяемый ток, изменяющийся по синусоидальному закону.
- Период переменного тока — наименьший промежуток времени (выраженный в секундах), через который изменения силы тока (и напряжения) повторяются. Количество периодов, совершаемое током за единицу времени, носит название частота. Частота измеряется в герцах, один герц (Гц) соответствует одному периоду в секунду.



# Ток смещения

- Иногда для удобства вводят понятие тока смещения. В уравнениях Максвелла ток смещения присутствует на равных правах с током, вызванным движением зарядов. Интенсивность магнитного поля зависит от полного электрического тока, равного сумме тока проводимости и тока смещения. По определению, плотность тока смещения — векторная величина, пропорциональная скорости изменения электрического поля во времени

$$\vec{j}_D = \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

- Ток смещения в конденсаторе определяется по формуле:

$$I_D = \frac{dQ}{dt} = -C \frac{dU}{dt},$$

# Электрические токи в природе

- Атмосферное электричество — электричество, которое содержится в воздухе. Впервые показал присутствие электричества в воздухе и объяснил причину грома и молнии Бенджамин Франклин.
- Молния является естественным искровым электрическим разрядом. Была установлена электрическая природа полярных сияний. Огни святого Эльма — естественный коронный электрический разряд.
- Биотоки — движение ионов и электронов играет весьма существенную роль во всех жизненных процессах.



# Применение

- При изучении электрического тока было обнаружено множество его свойств, которые позволили найти ему практическое применение в различных областях человеческой деятельности, и даже создать новые области, которые без существования электрического тока были бы невозможны. После того, как электрическому току нашли практическое применение, и по той причине, что электрический ток можно получать различными способами, в промышленной сфере возникло новое понятие — электроэнергетика.

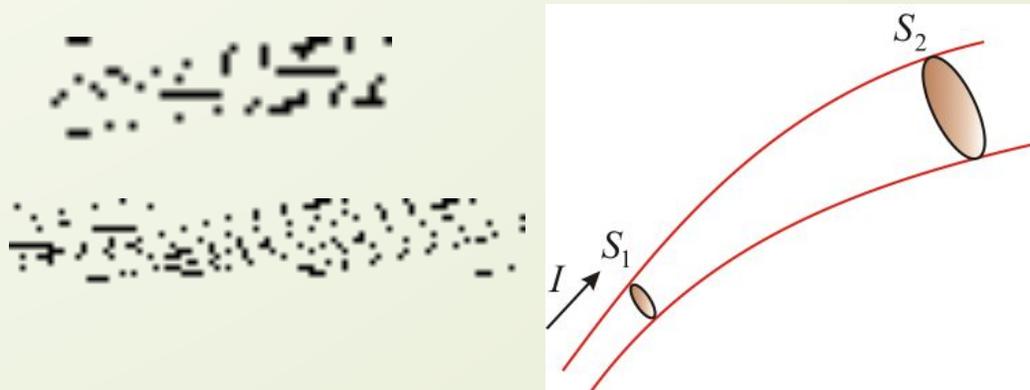


# Электромэн



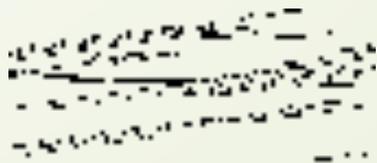
# Уравнение непрерывности

- Представим себе, в некоторой проводящей среде, где течет ток, замкнутую поверхность  $S$ . Для замкнутых поверхностей векторы нормалей, а следовательно, и векторы принято брать наружу, поэтому интеграл  $\oint \vec{j} \cdot d\vec{S}$  дает заряд, выходящий в единицу времени наружу из объема  $V$ , охваченного поверхностью  $S$ . Мы знаем, что плотность постоянного электрического тока одинакова по всему поперечному сечению  $S$  однородного проводника. Поэтому для постоянного тока в однородном проводнике с поперечным сечением  $S$  сила тока:

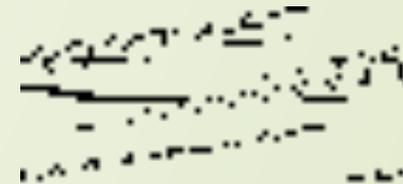
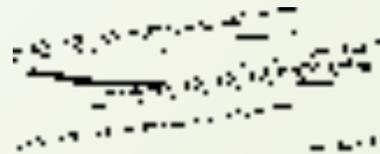


# Уравнение в интегральной форме

- Пусть  $S$  – замкнутая поверхность, а векторы  $\vec{n}$  всюду проведены по внешним нормалям. Тогда поток вектора  $\vec{E}$  сквозь эту поверхность  $S$  равен электрическому току  $I$ , идущему вовне из области, ограниченной замкнутой поверхностью  $S$ . Следовательно, согласно закону сохранения электрического заряда, суммарный электрический заряд  $q$ , охватываемый поверхностью  $S$ , изменяется за время  $\Delta t$  на  $\Delta q$ , тогда в интегральной форме можно записать:



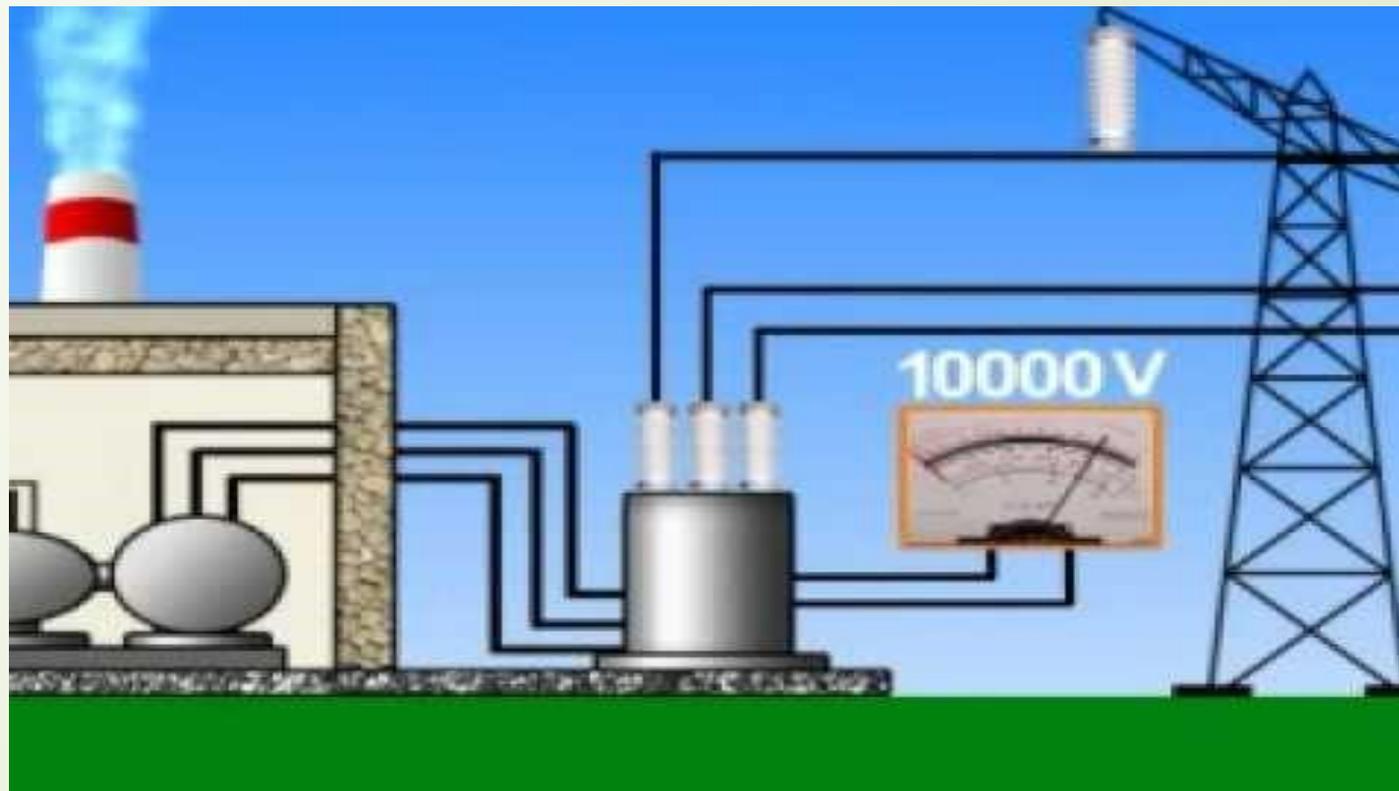
# Дифференциальная форма



# Уравнение непрерывности для постоянного тока

- Линии в этом случае нигде не начинаются и нигде не заканчиваются. Поле вектора не имеет источника. В дифференциальной форме уравнение непрерывности для постоянного тока  $\operatorname{div} \vec{j} = 0$
- Если ток постоянный, то избыточный заряд внутри однородного проводника всюду равен нулю. В самом деле, т.к. для постоянного тока справедливо уравнение  $\operatorname{div} \vec{j} = -\dot{\rho}$
- Избыточный заряд может появиться только на поверхности проводника в местах соприкосновения с другими проводниками, а также там, где проводник имеет неоднородности

# Познавательное видео



Спасибо за внимание