



Лекция
3

Введение в электроэнергетику

проф. Целебровский Юрий Викторович,

Электрический ток



Расширение понятия «Электрический ток»

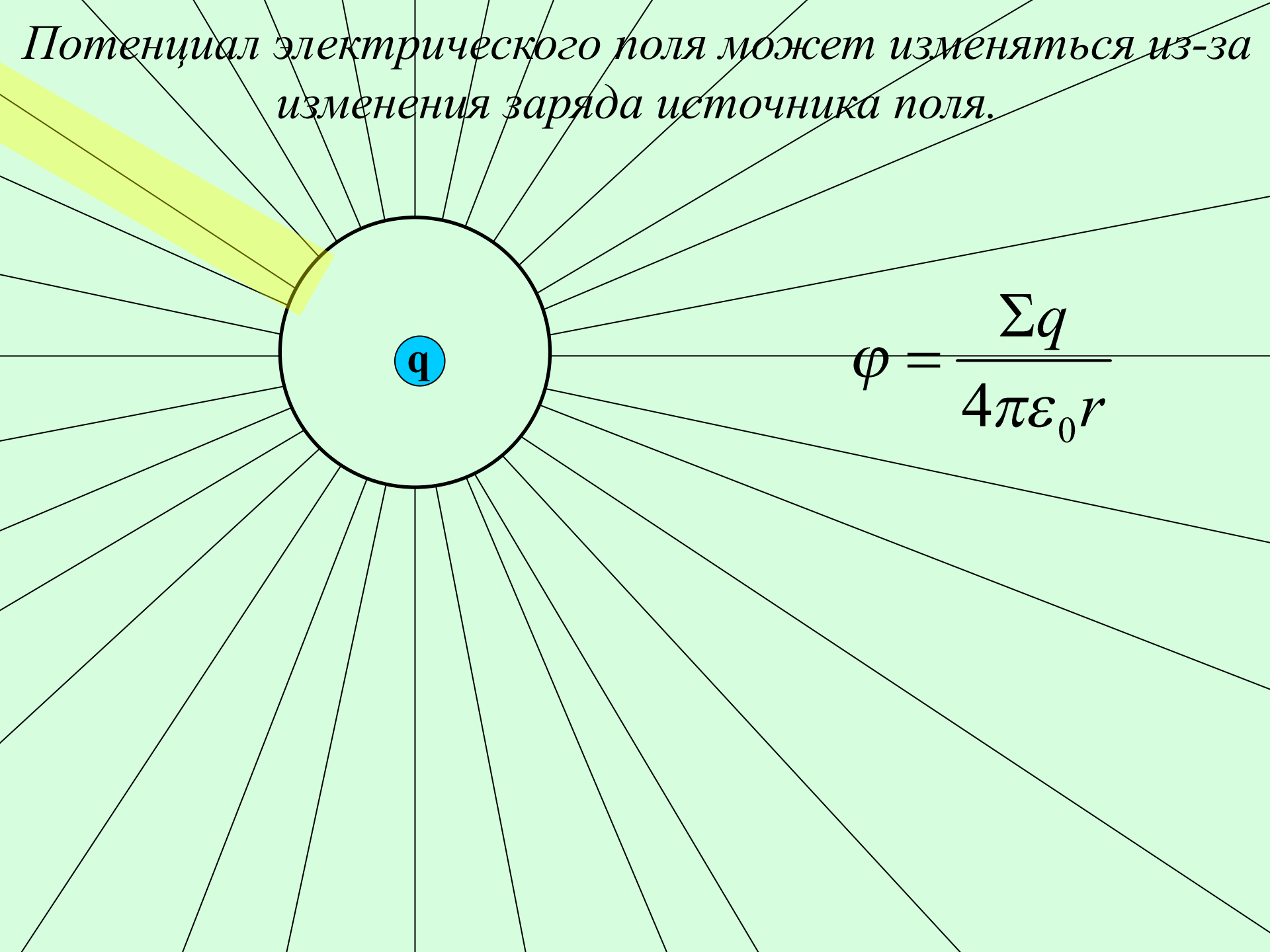
Электрическое поле, в котором не происходит никаких изменений, называется электростатическим полем.

Электростатическое поле обладает *потенциальной энергией*. Характеристикой этой энергии в каждой точке поля является *потенциал электрического поля*.

Любые изменения потенциала электрического поля означают превращения *потенциальной энергии* в кинетическую или *кинетической энергии* в потенциальную

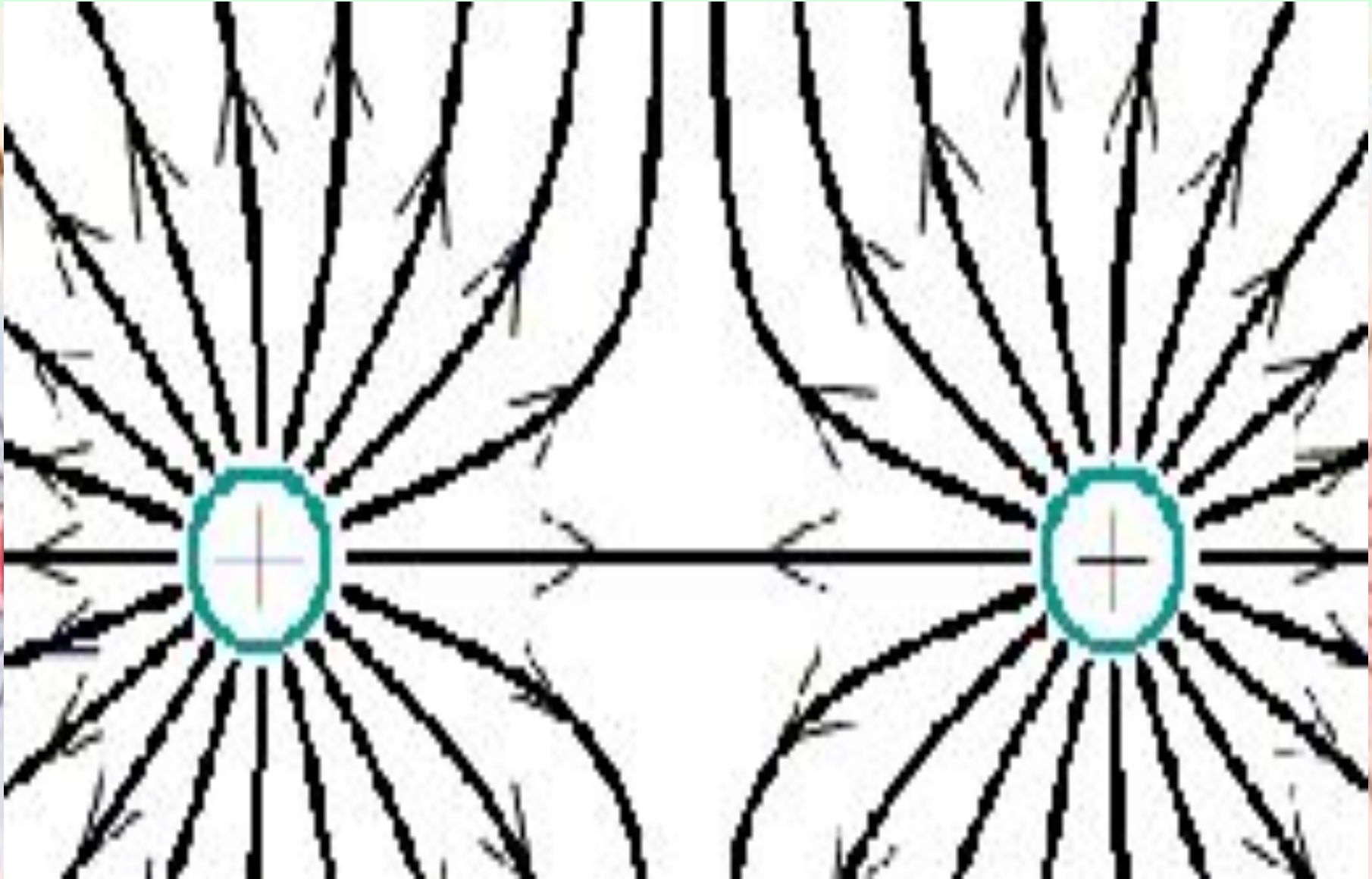
Появление кинетической энергии равнозначно появлению электрического тока

Потенциал электрического поля может изменяться из-за изменения заряда источника поля.



$$\varphi = \frac{\Sigma q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Потенциал электрического поля может изменяться из-за появления в поле другого заряда



Расширение понятия «Электрический ток»

Во всех случаях изменение потенциальной энергии связано с изменением **потока электрического смещения**.

Электрический ток – это физическая величина, отражающая скорость изменения потока электрического смещения, проходящего через рассматриваемую поверхность.

$$I = \frac{dQ}{d\tau} \quad [I] = \frac{\text{Кл}}{\text{с}} = \text{ампер}, [A]$$

Общая характеристика электрического тока

1. Электрический ток – это скалярная величина
2. Для возникновения электрического тока необходима потенциальная энергия электрического поля (электрическая энергия).
3. Возможно возникновение электрического тока под действием механических сил – например, движение электрических зарядов с грозовым облаком при ветре
4. Примером электрического тока может служить солнечный ветер - поток супер-ионизированных частиц (в основном гелиево-водородной плазмы), истекающий из солнечной короны со скоростью 300—1200 км/с в окружающее космическое пространство.
5. Другой пример электрического тока – разлетающиеся под действием кулоновских сил протоны ядер ВВ при ядерном взрыве

Общая характеристика электрического тока в электротехнике и энергетике

1. Электрический ток возникает под действием электродвижущей силы.

Электродвижущая сила (ЭДС) – это характеристика внешнего источника энергии в электрической цепи, измеряемая отношением работы сторонних сил по перемещению электрического заряда вдоль замкнутого контура к значению этого заряда.

Источники

Электрические вращающиеся генераторы создают электромагнитную ЭДС

Батареи, аккумуляторы – создают химическую ЭДС

Фотоэлементы, фотодиоды – создают фотоэлектрическую ЭДС

Термопары – создают термоэлектрическую ЭДС

Кроме того, электродвижущая сила является энергетической характеристикой вихревого электрического поля

Общая характеристика электрического тока в электротехнике и энергетике

2. В электротехнических и электроэнергетических цепях электрический ток существует в замкнутых контурах (цепях).

3. Основные понятия, связанные с электрическим током:

- **Ток проводимости**
- **Плотность тока проводимости**
- **Ток смещения**
- **Плотность тока смещения**

Ток проводимости

Электрическим током проводимости называется направленное движение заряженных частиц в соответствии со знаком их заряда и направлением электрического поля.

Единица измерения тока – ампер (А). Ток в 1 А, протекающий по проводнику, означает, что через поперечное (току) сечение проводника за одну секунду проходят частицы с суммарным зарядом одного знака, равным 1 Кл.

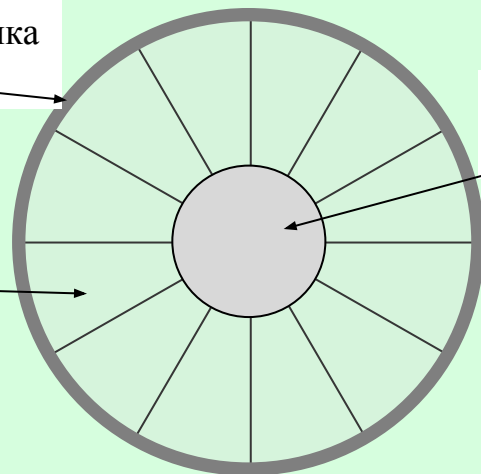
$$I = \frac{q}{\tau}$$

$$A = \frac{\text{Кл}}{c}$$

Электрический ток является скалярной величиной.

Металлическая оболочка
(экран) кабеля

Изоляция между
жилой и оболочкой
кабеля



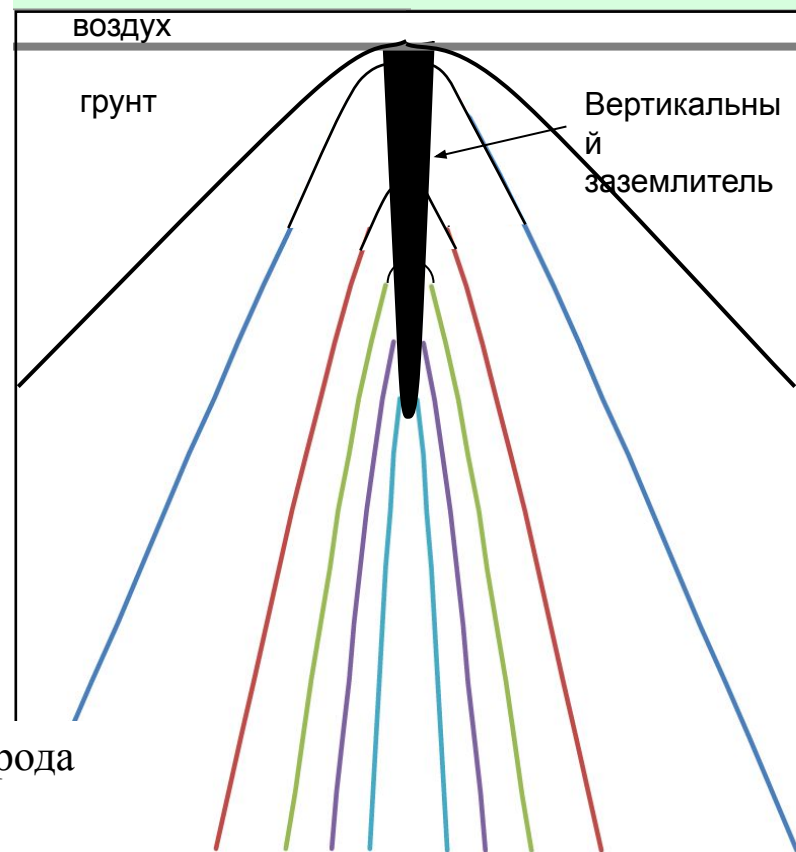
Токопроводящая жила
кабеля

Картина тока утечки через изоляцию кабеля,
протекающего между жилой и металлической
оболочкой

коаксиального кабеля .

**Электрический ток -
скалярная величина.**

Картина растекания тока в грунте с вертикального электрода
(заземлителя)

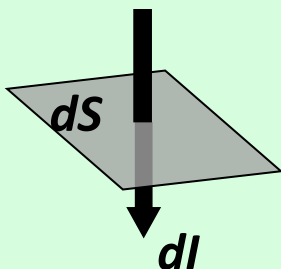


Плотность тока проводимости

Плотностью тока проводимости называется вектор, совпадающий с направлением движения положительно заряженных частиц, направленный перпендикулярно площадке поперечного сечения, через которое проходит электрический ток, и равный значению тока, поделённому на площадь, через которую он проходит.

$$j = \frac{I}{S}$$

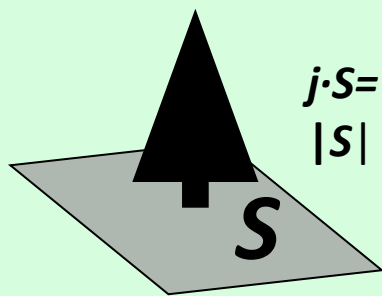
При равномерной плотности тока



Элементарный ток

$$j = \frac{\partial I}{\partial S}$$

При неравномерной плотности тока

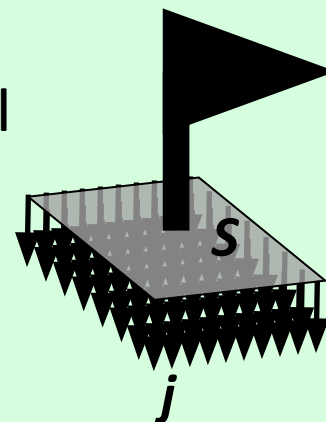


Плоская площадка как вектор

$$j \cdot S = |j| |S| \cos 180^\circ = -|j| |S|$$

$$[j] = \frac{A}{M^2}$$

Размерность



Ток как скалярное произведение

Плотность тока проводимости

$$j = \frac{I}{S}$$

$$j = \frac{\partial I}{\partial S}$$

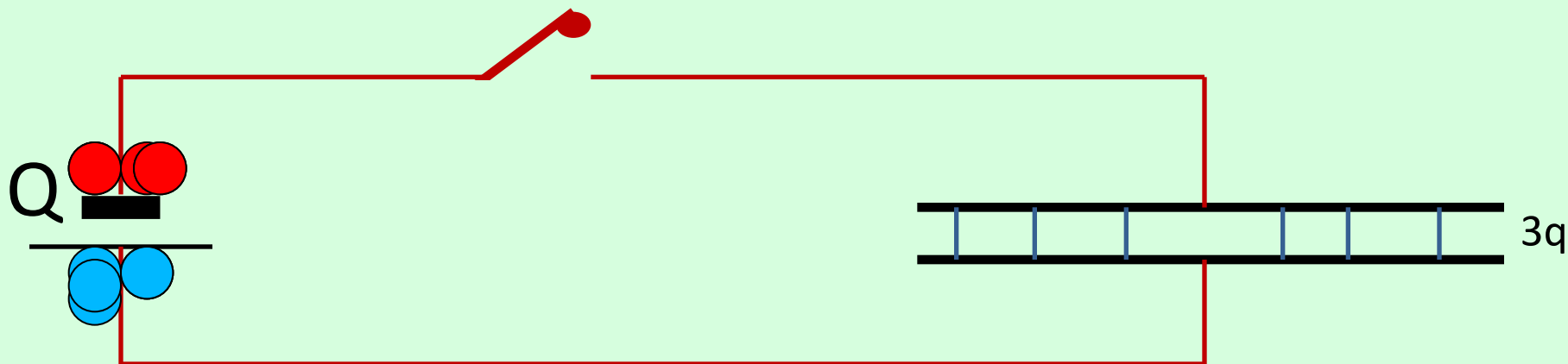
$$[j] = \frac{A}{m^2}$$

Постоянный ток – электрический ток, вектор плотности которого не меняет направления со временем.

Переменный ток – электрический ток, вектор плотности которого постоянно меняет направление со временем.

Плотность тока проводимости является точечной характеристикой электрического поля в проводящей среде

Ток смещения



$\frac{q}{\tau}$ Скорость изменения потока электрического смещения

$$\left[\frac{\text{Кл}}{\text{с}} \right] = \text{А}$$

τ

Электрическим током смещения называется изменение потока электрического смещения во времени

$$I_{\text{смещения}} = \frac{\partial Q}{\partial \tau}$$

Плотность тока смещения

Каждая точка поля характеризуется векторной величиной - D , называемой «**плотность потока электрического смещения**».

$$D = \frac{\partial Q}{\partial S} \left[\frac{\text{Кл}}{\text{м}^2} \right]$$

При изменении электрического поля изменяется и плотность потока электрического смещения в каждой его точке со скоростью:

$$\frac{\partial D}{\partial \tau} \left[\frac{\text{Кл}}{\text{м}^2 \text{с}} \right] \rightarrow \frac{\mathbf{A}}{\text{м}^2}$$

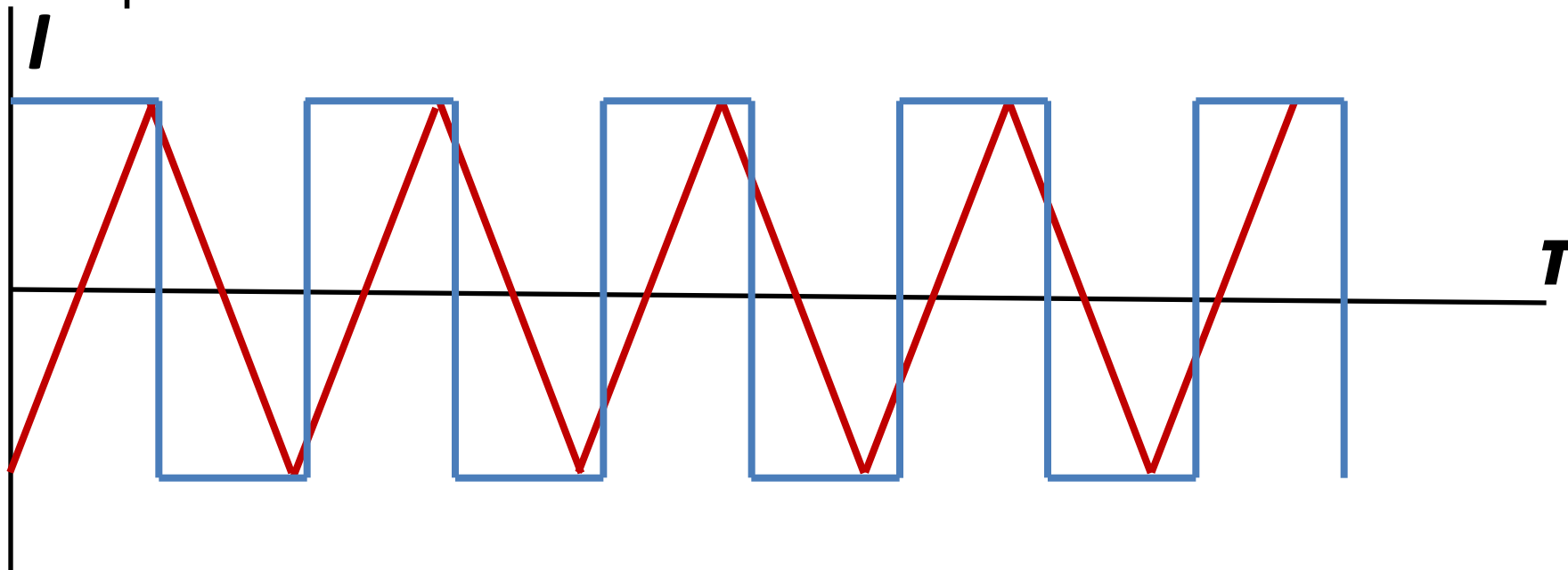
Постоянный ток смещения – изменение плотности потока электрического смещения в одном направлении (увеличение или уменьшение).

Переменный ток смещения – чередующиеся изменения направления и модуля вектора плотности потока электрического смещения.

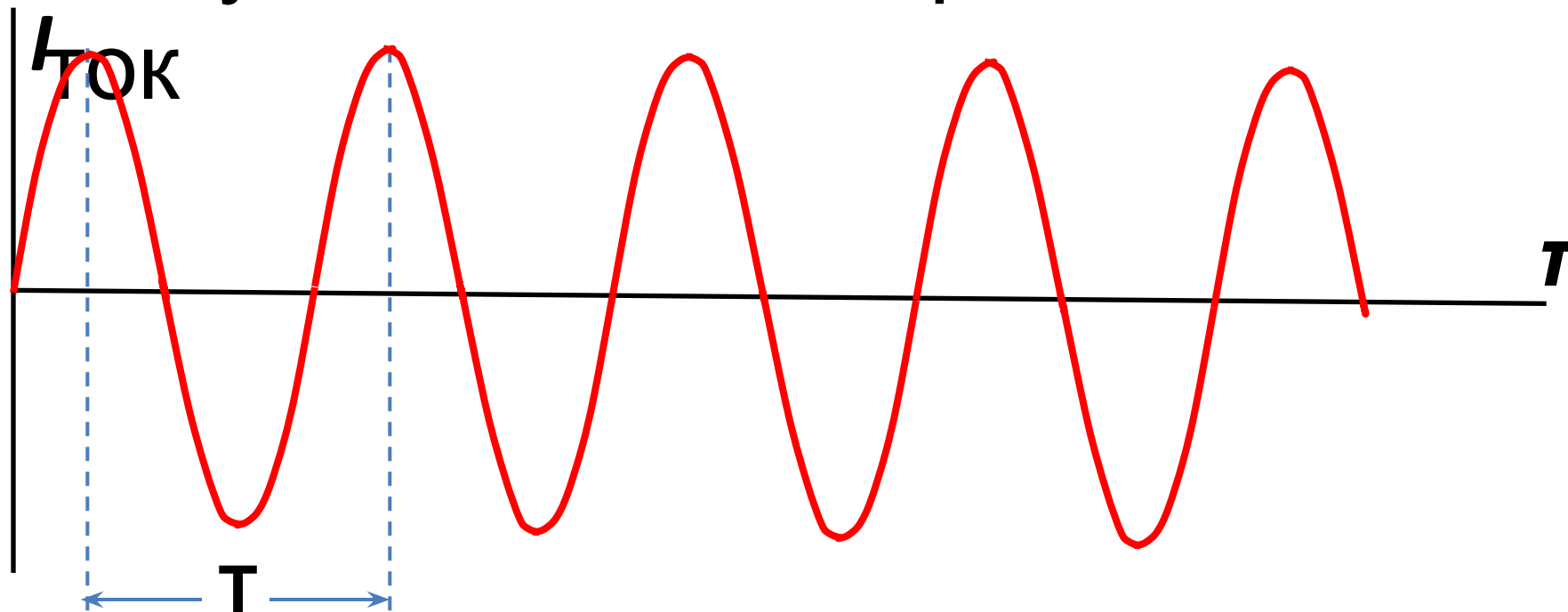
Переменный электрический

Переменный ток – электрический ток, вектор плотности которого постоянно меняет направление со временем.

Периодический переменный ток – электрический ток, плотность которого через определённые промежутки времени (**периоды**) повторяет значения своего модуля и направления.



Синусоидальный переменный

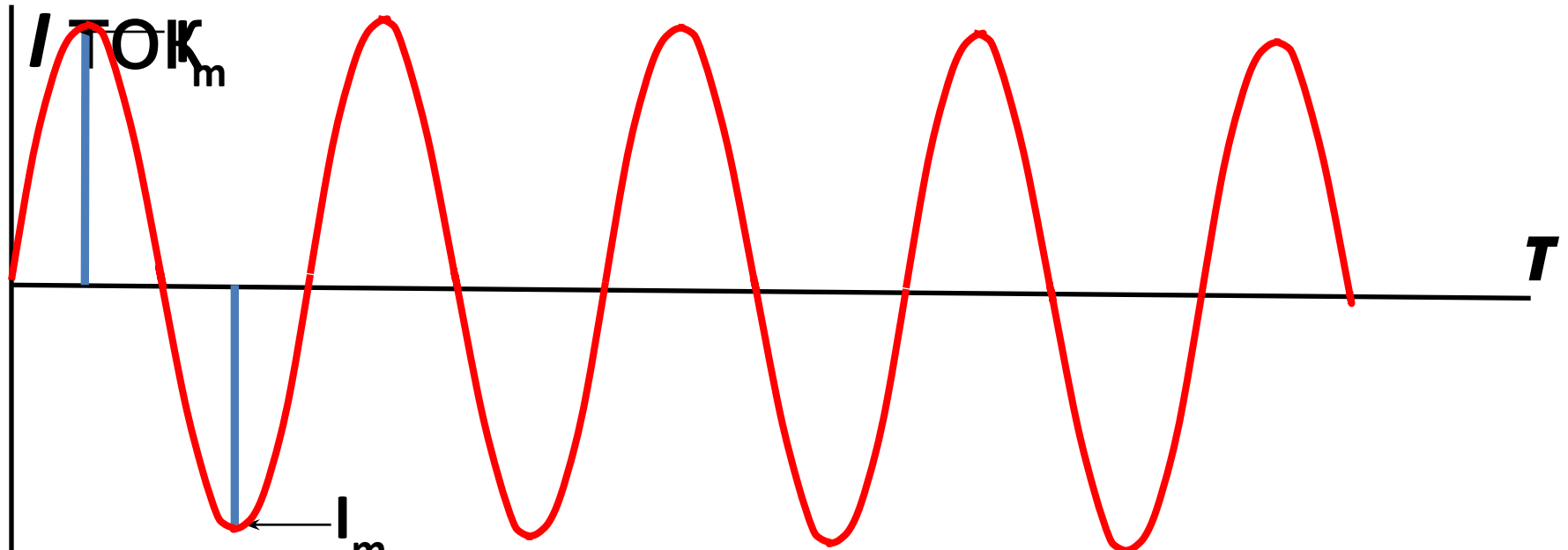


Периодом переменного тока **T** называется минимальный отрезок времени между двумя одинаковыми (по модулю и направлению, кроме нулевых) значениями плотности тока.

Величина, обратная периоду, называется частотой переменного тока

$$f = \frac{1}{T} \quad \left[\frac{1}{c} \right] = [\text{герц}], [\text{Гц}]$$

Синусоидальный переменный



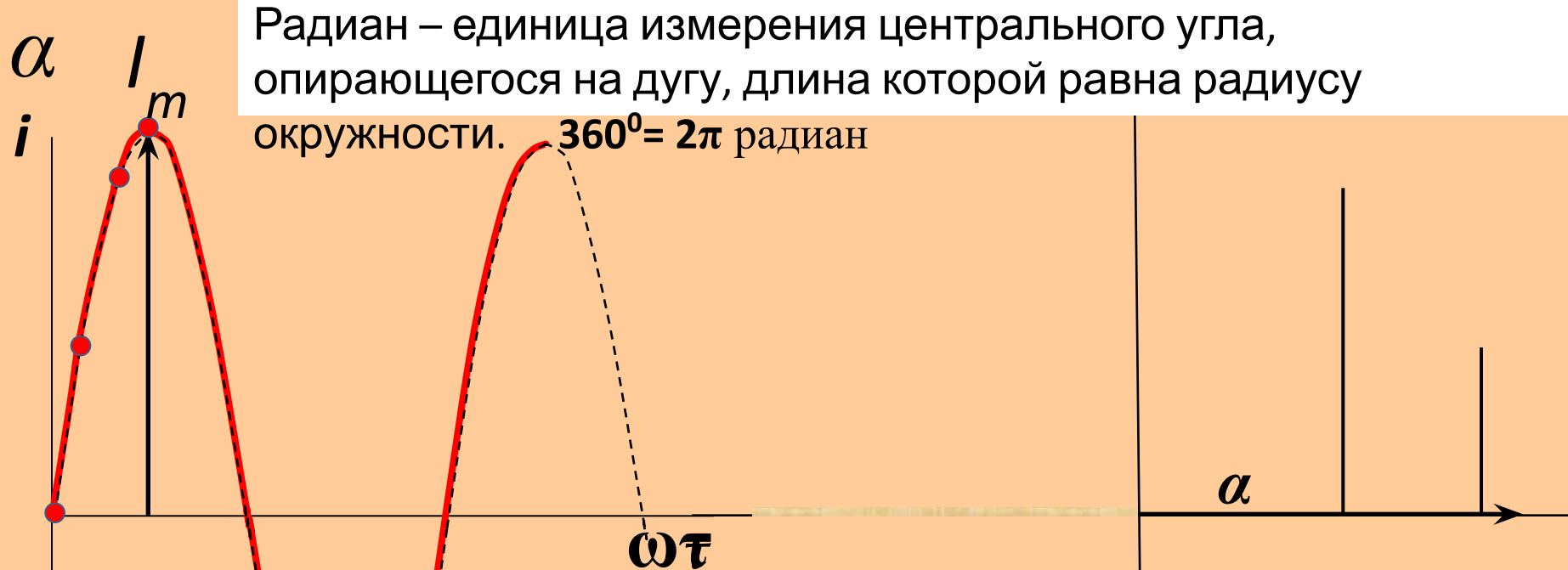
Амплитудой переменного тока I_m называется максимальное абсолютное значение тока за один полупериод колебаний

Действующее значение переменного тока I_d равно значению такого постоянного тока, который выделяет в одном и том же проводнике за одинаковое время то же количество теплоты, что и переменный ток. Для синусоидально

$$I_d = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Синусоидальный переменный ток

Мгновенное значение синусоидального тока: $i = I_m \cdot \sin \alpha$



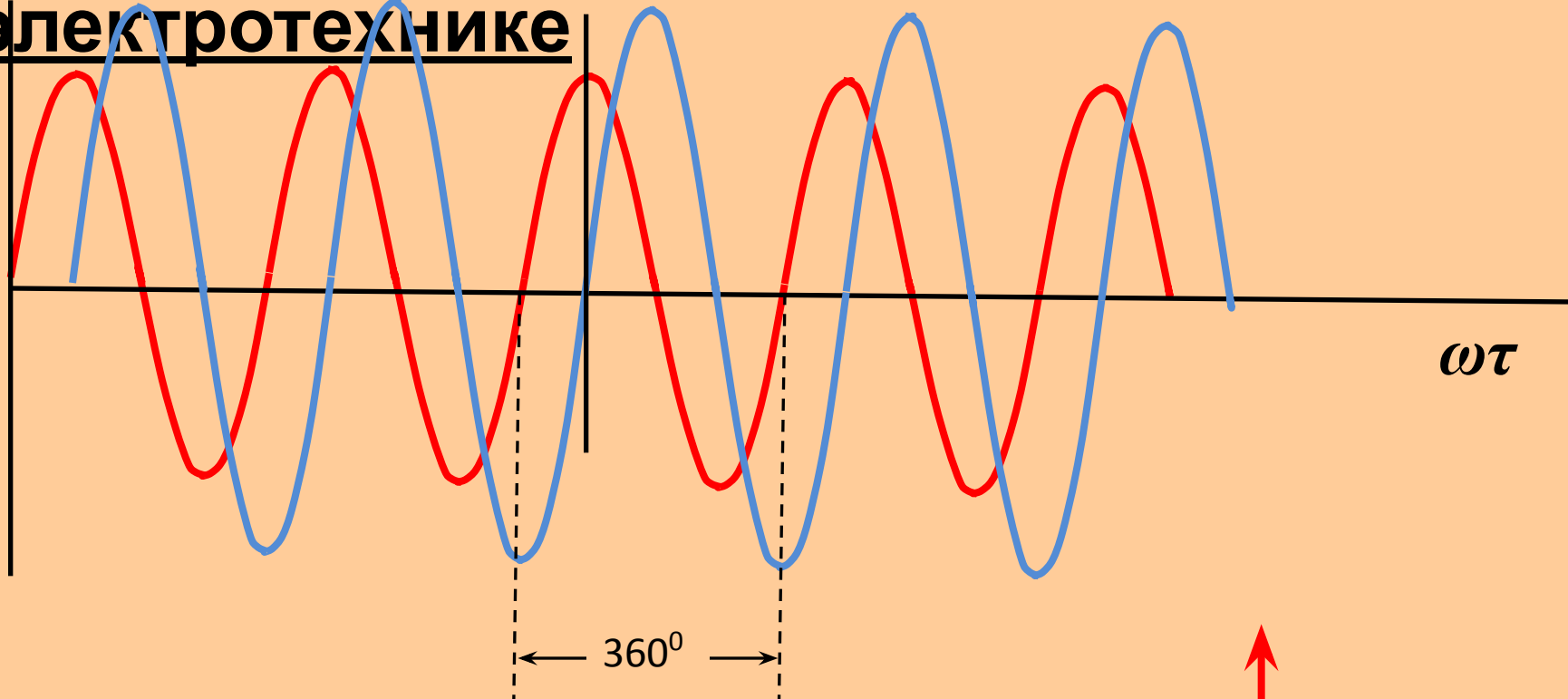
$$i = I_m \cdot \sin 2\pi \cdot f \cdot \tau$$

Аргумент синуса $2\pi f \tau$, определяющий стадию или фазу синусоидального изменения тока, называется фазным углом или просто **ф а з о й**

Синусоидальный переменный ток

Символические векторы в

электротехнике



Символический вектор – графическое изображение синусоидального тока в виде прямой, поворачивающейся против часовой стрелки вокруг центра, закреплённого в начале прямой. При этом длина символического вектора равна амплитуде, его проекция на вертикальную ось – мгновенному значению, а частота оборота соответствует частоте переменного тока.



Лекция окончена.

Прошу задавать вопросы.

Можно в письменном виде.