Причины электрического тока

Для возникновения электрического тока требуется наличие свободных, не закрепленных заряженных частиц, которые в электростатическом поле неподвижных зарядов приходят в состояние упорядоченного движения вдоль силовых линий поля.

- ***Упорядоченное движение свободных зарядов вдоль силовых линий поля - электрический ток.***

Уравнение Пуассона:

$$\Delta\varphi = \frac{1}{\varepsilon}\rho,$$

$$\nabla \mathbf{E} = \frac{1}{\varepsilon}\rho$$

$\rho = \frac{\partial q}{\partial V}$ - объемная плотность заряда.

Если заряды неподвижны, то

$\rho = \rho(t) = const$,

$E = E(x,y,z)$, $\varphi = \varphi(x,y,z)$.

*П*оле - *электростатическое*.

Если есть свободные заряды, то

$\rho = \rho(t)$, *следовательно*

$E = E(x,y,z,t)$, $\varphi = \varphi(x,y,z,t)$.

Появляется электрический ток.

Поле перестает быть электростатическим.

Сила тока I - заряд, перенесенный через заданную поверхность S *(или через поперечное сечение проводника),* ***в единицу времени****, т.е.:*

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

Если при перемещении свободных зарядов перераспределения зарядов в пространстве не происходит, то электрическое поле – снова статическое.

Этот частный случай есть случай постоянного тока.

Ток, не изменяющийся по величине со временем – называется постоянным током

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

размерность силы тока в СИ: $1A = \frac{Кл}{c}.$

Плотность тока

$$I = \int_{S} \mathbf{j} d\mathbf{S}$$

$$j = \frac{\partial I}{\partial S_{\perp}}$$

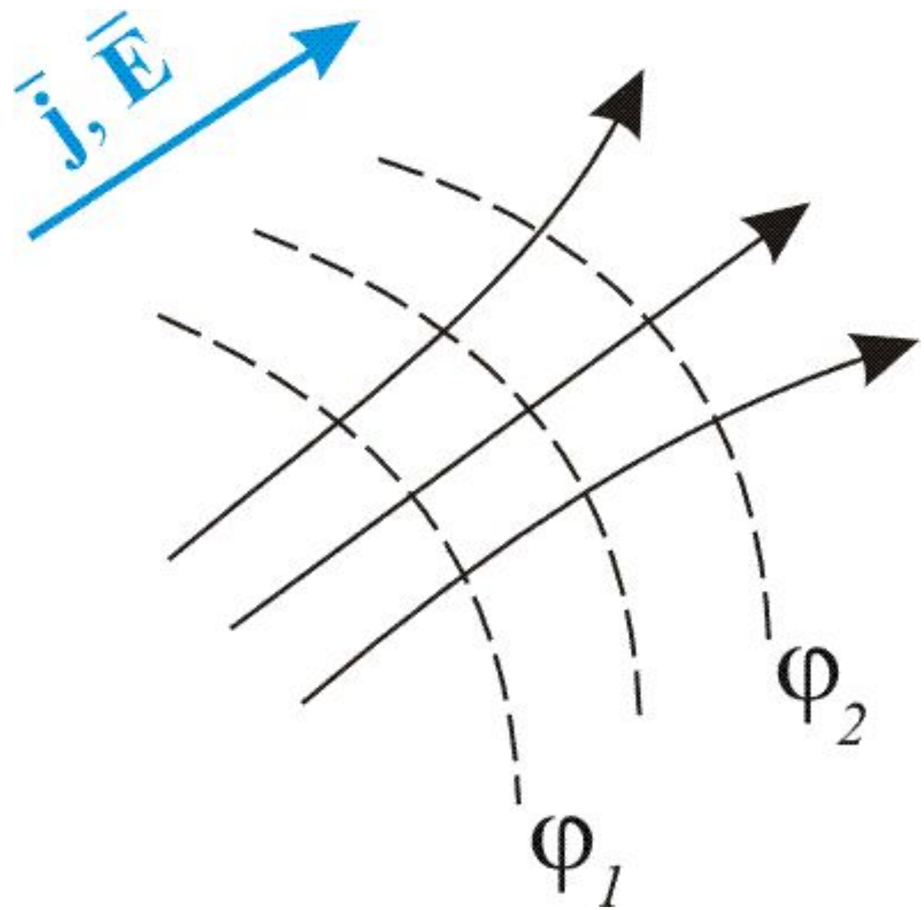
модуль вектора плотности тока численно равен отношению силы тока через элементарную площадку, перпендикулярную направлению движения носителей заряда, к ее площади

Плотность тока j связана с плотностью свободных зарядов ρ и со скоростью их движения $\mathbf{v}$:

$$\mathbf{j} = \rho\mathbf{v}$$

$$\mathbf{j} = -en\mathbf{v}_e$$

Поле вектора $\vec{\mathbf{j}}$ можно изобразить графически с помощью линий тока, которые проводят так же, как и линии вектора напряженности $\vec{\mathbf{E}}$

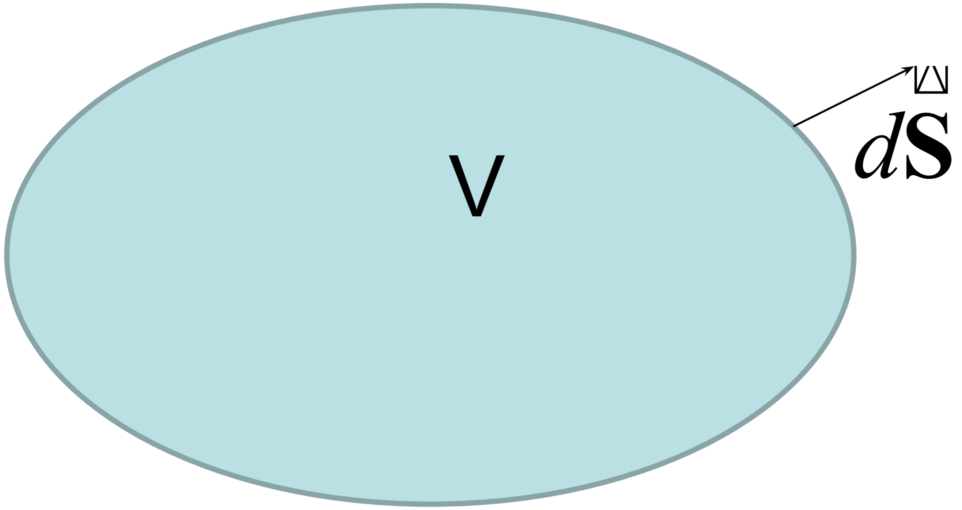


Знаая $\vec{\mathbf{j}}$ в каждой точке некоторой поверхности S можно найти силу тока через эту поверхность, как поток вектора $\vec{\mathbf{j}}$:

$$I = \oint_S \vec{\mathbf{j}}\, d\vec{\mathbf{S}}.$$

Уравнение непрерывности

$\oint\limits_S \mathbf{j}\, d\mathbf{S}$ дает заряд, выходящий в единицу времени наружу из объема V, охваченного поверхностью S.

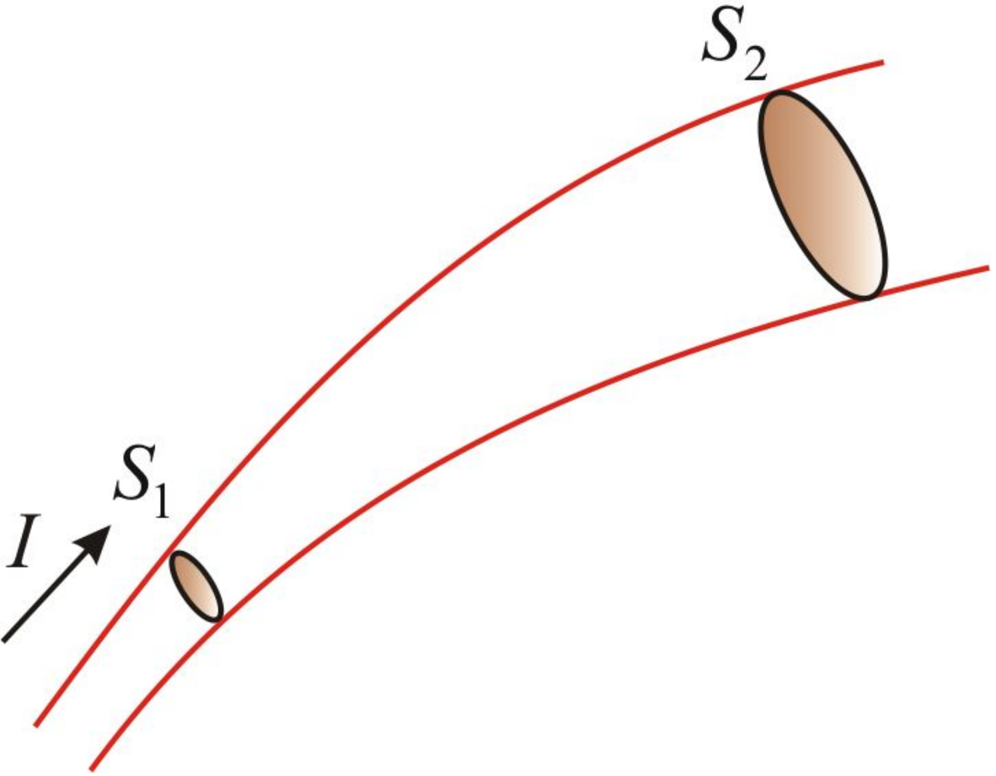


Плотность постоянного электрического тока одинакова по всему поперечному сечению S однородного проводника.

Поэтому для постоянного тока в однородном проводнике с поперечным сечением S сила тока:

$$I = \mathbf{j} \cdot \mathbf{S}$$

Из этого следует, что ***плотности постоянного тока в различных поперечных сечениях 1 и 2 цепи обратно пропорциональны площадям S_1 и S_2 этих сечений :***



$$j_2 / j_1 = S_1 / S_2$$

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

$$\oint_S \mathbf{j}\, d\mathbf{S} = -\frac{dq}{dt}.$$

В интегральной форме можно записать:

$$\oint_S \vec{\mathbf{j}}\, d\vec{\mathbf{S}} = -\frac{dq}{dt}$$

Это соотношение называется ***уравнением непрерывности***. Оно является, по существу, выражением ***закона сохранения электрического заряда***.

Дифференциальная форма записи уравнения непрерывности.

$$\nabla \vec{\mathbf{j}} = -\frac{d\rho}{dt}$$

В случае ***постоянного тока***, распределение зарядов в пространстве должно оставаться неизменным:

$$\frac{dq}{dt} = 0,$$

следовательно,

$$\oint \vec{\mathbf{j}} d\vec{\mathbf{S}} = 0,$$

это ***уравнение непрерывности для постоянного тока*** *(в интегральной форме).*

В дифференциальной форме уравнение непрерывности для постоянного тока:

$$\nabla \vec{\mathrm{j}} = 0$$

***Если ток постоянный, то избыточный заряд внутри однородного проводника всюду равен нулю*.**

Докажем это: т.к. для постоянного тока справедливо уравнение

$$\oint_S \mathbf{j}\,d\mathbf{S} = 0$$

отсюда

$$\sum q_i = 0.$$

Избыточный заряд может появиться только на поверхности проводника в местах соприкосновения с другими проводниками, а также там, где проводник имеет неоднородности.

Сторонние силы и ЭДС

Перемещение положительного заряда от «-» к «+» возможно лишь с

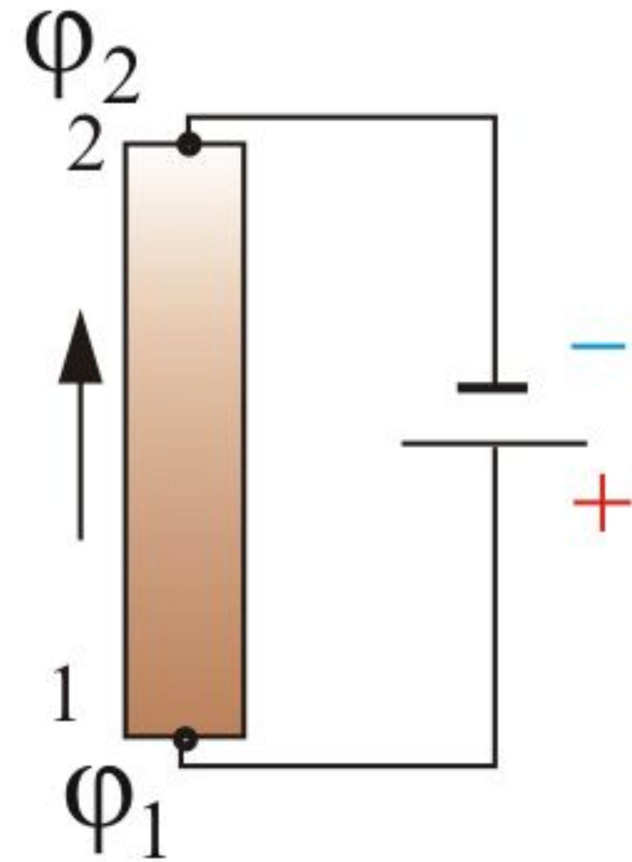
помощью сил неэлектрического

происхождения (сторонних сил):

химические процессы, диффузия

носителей заряда, вихревые

электрические поля.



Величина, равная работе сторонних сил
по перемещению единичного положительного заряда в цепи,
называется ***электродвижущей силой***
(***Э.Д.С.***), *действующей в цепи*:

$$\varepsilon = \frac{A}{q}; \qquad \left[\frac{\textbf{Дж}}{\textbf{Кл}}\right] = [B]$$

Стороннюю силу, действующую на заряд, можно представить в виде:

$$\vec{F}_{ст} = q\vec{E}_{ст},$$

$\vec{E}_{ст}$ – напряженность поля сторонних сил.

Работа сторонних сил на участке 1 – 2:

$$A_{12} = \int_1^2 \vec{F}_{\text{ст}} d\vec{l} = q\int_1^2 \vec{E}_{\text{ст}} d\vec{l},$$

Тогда ***Э.Д.С.***

$$\varepsilon_{12} = \frac{A_{12}}{q} = \int_1^2 \vec{E}_{\text{ст}} d\vec{l}.$$

Для замкнутой цепи:

$$\varepsilon = \sum \varepsilon_i = \oint \vec{E}_{\text{ст}} d\vec{l}.$$

$$\varepsilon = \sum \varepsilon_i = \oint \vec{E}_{\text{ст}} d\vec{l}.$$

Циркуляция вектора напряженности сторонних сил равна Э.Д.С., действующей в замкнутой цепи (алгебраической сумме ЭДС).

Поле сторонних сил не обязательно является потенциальным(!!!)