1. Ток проводимости в металлах, его характеристики и условия существования.

- Электрический ток может быть распределен по сечению проводника неравномерно. Поэтому для детальной характеристики тока вводят **вектор плотности тока** $\vec{j}$.
- **Модуль плотности тока** численно равен заряду, переносимому через единичную площадку, расположенную в данной точке перпендикулярно направлению движения носителей, за единицу времени

$$\left|\vec{j}\right| = \frac{dQ}{dS \cdot dt} = \frac{dI}{dS_{\perp}}$$

1. Ток проводимости в металлах, его характеристики и условия существования.

- Если обозначить через $\vec{u}$ *скорость упорядоченного движения* (**скорость дрейфа**) носителей зарядов, то

$$\vec{j} = q_+ n_+ \vec{u}_+ + q_- n_- \vec{u}_- = \rho_+ \vec{u}_+ + \rho_- \vec{u}_-,$$

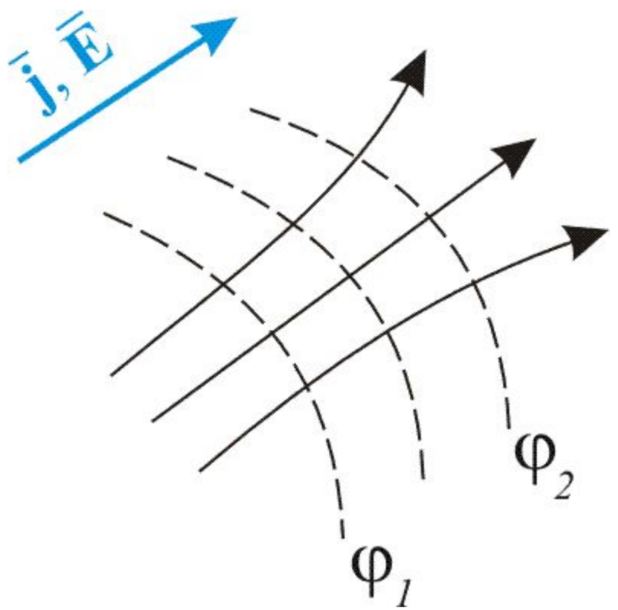
ρ_+, ρ_- - объемные плотности положительного и отрицательного зарядов.

- Плотность тока и сила тока связаны соотношением:

$$I = \int\limits_{(S)} \vec{j} d\vec{S}$$

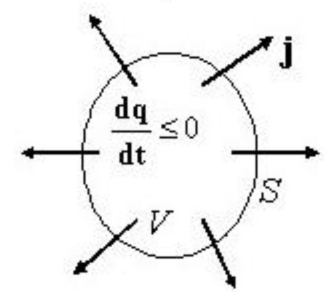
1. Ток проводимости в металлах, его характеристики и условия существования.

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



2. Уравнение неразрывности и условие существования постоянного тока

- Представим себе в некоторой проводящей среде, где течет ток, замкнутую поверхность S.



Для замкнутых поверхностей положительной нормалью считается внешняя нормаль, поэтому интеграл $\oint_S \vec{j}\,d\vec{S}$ представляет собой силу тока, проходящего через поверхность S, т. е. заряд, выходящий за единицу времени наружу из объема V, охваченного поверхностью S

2. Уравнение неразрывности и условие существования постоянного тока

- Из закона сохранения заряда следует, что этот интеграл равен убыли заряда в единицу времени внутри объема V.

Т.е.

$$\oint \vec{j}d\vec{S} = -\frac{dq}{dt}.$$

Данное равенство называется **уравнением неразрывности (непрерывности) для эл. тока.**

В случае стационарного тока

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

так как $\frac{dq}{dt} = 0.$

2. Уравнение неразрывности и условие существования постоянного тока

- Преобразуем уравнение: $\oint \vec{j}d\vec{S} = -\frac{d}{dt}\int \rho dV$

$$\boxed{\oint \vec{j}d\vec{S} = -\int \frac{d\rho}{dt}dV} \quad (*)$$

- Воспользовавшись *теоремой Остроградского – Гаусса*:

$$\boxed{\oint_S j_n dS = \int_V \operatorname{div}\vec{j}dV}$$

$$\Downarrow (*)$$

$$\int_V \operatorname{div}\vec{j}dV = -\int_V \frac{\partial\rho}{\partial t}dV \Rightarrow \int_V (\operatorname{div}\vec{j} + \frac{\partial\rho}{\partial t})dV = 0 \quad (**)$$

2. Уравнение неразрывности и условие существования постоянного тока

$$(**) \Rightarrow \operatorname{div}\vec{j} + \frac{\partial\rho}{\partial t} = 0 \Rightarrow \operatorname{div}\vec{j} = -\frac{\partial\rho}{\partial t}$$

$\downarrow$

уравнение неразрывности

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

- **уравнение неразрывности** для эл. тока ***в дифференциальной форме.***

Для постоянного тока $\frac{d\rho}{dt} = 0 \Rightarrow$ - $\boxed{\nabla\vec{j} = 0}$ **условие существования постоянного тока**

2. Уравнение неразрывности и условие существования постоянного тока

- Уравнение $\nabla\vec{j} = 0$ означает, что в случае постоянного тока поле вектора $\vec{j}$ не имеет источников: ***линии тока*** нигде не начинаются и нигде не заканчиваются, т. е. они ***замкнуты***.

Дивергенция ?

- **Дивергенция** — это линейный дифференциальный оператор на векторном поле, характеризующий поток данного поля через поверхность достаточно малой (в условиях конкретной задачи) окрестности каждой внутренней точки области определения поля.
- *С точки зрения физики* ***дивергенция векторного поля*** является показателем того, в какой степени данная точка пространства (точнее достаточно малая окрестность точки) является источником или стоком этого поля:
- F >0 – точка поля является источником; F <0 – точка поля является стоком; F =0 – стоков и источников нет, либо они компенсируют друг друга.
- Простым схематическим примером может служить озеро (для простоты – постоянной единичной глубины со всюду горизонтальной скоростью течения воды, не зависящей от глубины, давая, таким образом, двумерное векторное поле на двумерном пространстве). В такой модели родники, бьющие из дна озера будут давать положительную дивергенцию поля скоростей течения, а подводные стоки (пещеры, куда вода утекает) – отрицательную дивергенцию.