

***Постоянный  
электрический  
ток***

## Вопросы

1. Объемная плотность тока.
2. Сила тока
3. Закон сохранения электрического заряда в интегральной форме.
4. Закон сохранения электрического заряда в дифференциальной форме.
5. Закон Ома для участка цепи. Проводимость.

# 1. Объемная плотность тока.

Электрическим током называется направленное движение заряженных частиц в пространстве.

Объемная плотность тока

$$\vec{j} \quad (12.1)$$

Все носители тока имеют одинаковый заряд: электроны в металле, электроны и дырки в полупроводниках  $q_k = q$

Концентрация носителей тока (свободных частиц с зарядом):  $N = \frac{\Delta n}{\Delta V}$

$$\vec{j} = Nq \langle \vec{v} \rangle \quad (12.2)$$

Т.к. объемная плотность заряда  $\rho = qN$ , то

$$\vec{j} = \frac{1}{\Delta V} \sum_{k=1}^{\infty} q_k \vec{v}_k \quad (12.3)$$

## 2. Сила тока

Силой тока называется скалярная величина равная заряду  $\Delta q$  проходящему через рассматриваемую поверхность за промежуток времени  $\Delta t$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (12.4) \quad \text{Отсюда } 1\text{Кг} = 1\text{А} * 1\text{с}$$

Ток в рассматриваемом цилиндре:

$$I = \int \vec{j} d\vec{S} \quad I = j dS \cos \Theta \quad (12.5)$$

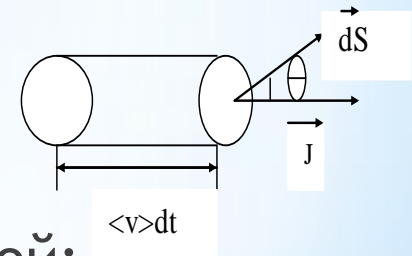
При рассмотрении более сложных

поверхностей следует пользоваться формулой:

$$I = \int_{(s)} \vec{j} d\vec{S} \quad (12.6)$$

Если проводник тонкий, то силу тока можно считать постоянной в пределах поперечного сечения , тогда сила тока для тонкого проводника :

$$j = \frac{I}{S} \quad (12.7) \quad [j] = \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$$



### 3. Закон сохранения электрического заряда в дифференциальной и интегральной форме.

Свойства электрического заряда:

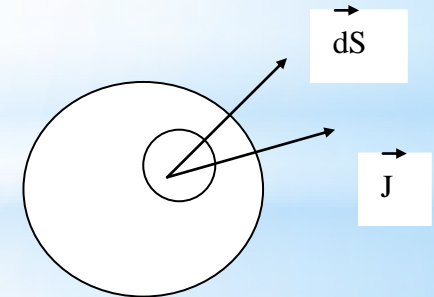
- \* Заряд инвариантен, т.е. не зависит от скорости движения частицы.
- \* Суммарный заряд частиц не изменяется при взаимном превращении частиц.
- \* Значит для замкнутой системы, суммарный электрический заряд остается постоянным.

Пусть некоторая область объемом  $V$  окружена поверхностью  $S$ .

Суммарный заряд системы:  $Q = \int_V q dV$

Учитывая (12.6):  $\int_S \vec{j} d\vec{S} = -\frac{d}{dt} \int_V \rho dV$  (12.8)

(12.8) - Закон сохранения электрического заряда в интегральной форме



### 3. Закон сохранения электрического заряда в дифференциальной форме.

Закон сохранения электрического заряда в дифференциальной форме.  $\int_{(s)} \vec{j} d\vec{s} = \int_{(s)} \text{div} \vec{j} dv$

Считая, что область  $V$  не изменяет объем и форму, то производную по времени можно внести под знак интеграла:

$$\int_{(v)} \text{div} \vec{j} dv = - \int_{(v)} \frac{\partial \rho}{\partial t} dv$$

Т.к. область  $V$  - может быть , то равны сами функции под знаком интеграла:  $\text{div} \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$  (12.9)

(12.9) - закон сохранения заряда в дифференциальной форме, или уравнение непрерывности.

Физический смысл его в том, что электрический заряд не может исчезать или появляться в (.) пространства.

## 5. Закон Ома для участка цепи. Проводимость.

Закон Ома для участка цепи установлен в 1827г.:

$$I = \frac{U}{R} \quad (12.10)$$

На любом участке цепи сила тока, приложенная напряжению  $U = \Delta \varphi$

Коэффициент пропорциональности:

$R$  - электрическое сопротивление участка цепи  $[R] = 1 \text{ Ом}$ .

Для прямолинейного цилиндрического проводника

$$R = \rho \frac{\Delta l}{S} \quad (12.11) \quad [\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м}$$

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

формула для вычисления  $R$ , но не физический закон

Рассмотрим прямолинейный участок цилиндрического проводника:

Тогда (12.2)  $\vec{j} = qN \langle \vec{v} \rangle$

с учётом (12.10):  $jS = \frac{E \Delta \ell}{\rho \frac{\Delta \ell}{s}}$

$$j = \frac{1}{\rho} E \quad (12.12)$$

Введём величину:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (12.13)$$

Называется удельная проводимость вещества.

Проводимость вещества:  $\Gamma = \frac{1}{R} \quad (12.14)$

$[\Gamma] = \text{См}(\text{сименс}) \quad 1 \text{См} = \frac{1}{10 \text{М}}$

т.к.  $\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E} \quad (12.15)$

То  $\vec{j} = \sigma \vec{E} \quad (12.16)$

(12.15) и (12.16) - закон Ома в дифференциальной форме, физический смысл - в любой точке внутри проводника, где существует ток обязательно есть электрическое поле, которое является причиной существования тока.

