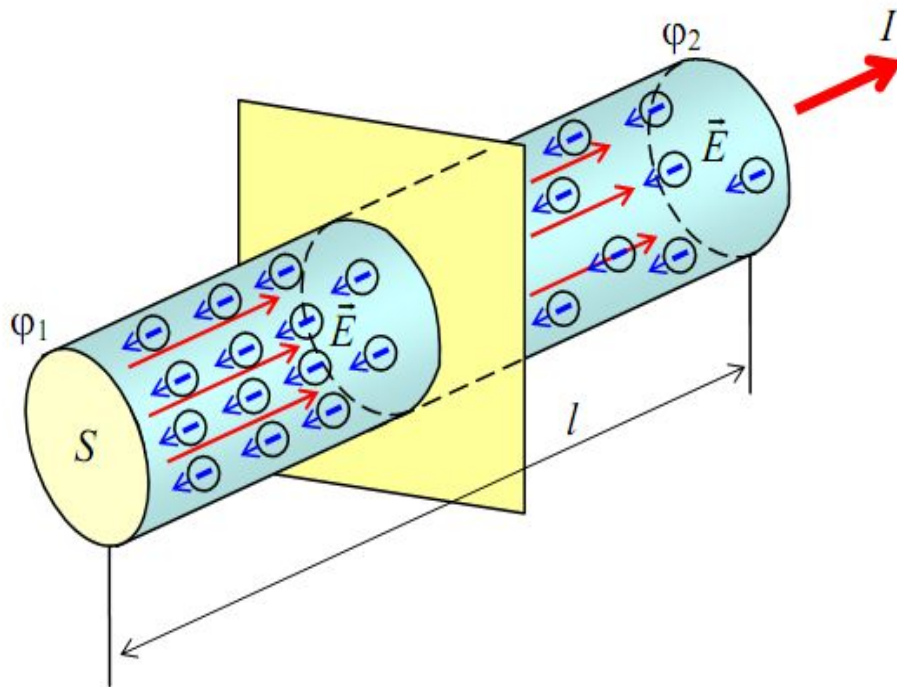


## 4. Закон Ома для однородного участка цепи в дифференциальной форме.

Установим связь между плотностью тока и напряженностью поля в проводнике.

Воспользуемся законом Ома для участка цепи



$$I = \frac{U}{R} = \frac{E \cdot dl}{\rho \cdot dl / dS} = \frac{EdS}{\rho}.$$

$$jdS = \frac{EdS}{\rho},$$

$$\boxed{j} = \frac{1}{\rho} \boxed{E},$$

## 4. Закон Ома для однородного участка цепи в дифференциальной форме.

Величина  $\gamma = \frac{1}{\rho}$  называется *удельной электрической проводимостью* (или *удельной электропроводностью*) материала проводника.

Единица удельной электропроводности – сименс на метр ( $1 \text{ См/м} = 1 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ ).

- Соотношение

$$\vec{j} = \gamma \vec{E}$$

называется **законом Ома в дифференциальной форме** для однородного участка цепи.

## 5. Электродвижущая сила. Источники тока

- Для поддержания тока в цепи необходимо наличие таких участков, на которых положительные заряды переносились бы в сторону увеличения потенциала. Перенос носителей заряда на таких участках возможен лишь с помощью *сил не электростатического происхождения – сторонних сил*.
- Для количественной характеристики  $\vec{E}^*$  поля сторонних сил вводят **напряженность**
- Физическая величина, равная работе сторонних сил по перемещению единичного положительного заряда в цепи или на ее участке, называется **электродвижущей силой (ЭДС)** источника электроэнергии:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q}.$$

## 5. Электродвижущая сила. Источники тока

- Работа  $A_{\text{ст}}$  совершается за счет энергии, затрачиваемой в источнике тока.
- Работа сторонних сил по перемещению заряда  $q_0$  на

$$A_{\text{ст}} = \int_1^2 \vec{F}_{\text{ст}} d\vec{l} = q_{\text{пр}} \int_1^2 \vec{E}_{\text{ст}} d\vec{l}.$$

Отсюда ЭДС, действующая в замкнутой цепи, – это циркуляция вектора напряженности поля сторонних сил:

$$\mathcal{E} = \oint \vec{E}_{\text{ст}} d\vec{l}.$$

Для поля сторонних сил циркуляция его напряженности по замкнутому контуру не равна нулю.  
Поэтому *поле сторонних сил не потенциально.*

## 6. Закон Ома для неоднородного участка цепи

- Закон Ома в случае действия полей  $\vec{E}^*$  и  $\vec{E}$  запишется в виде  $\vec{j} = \gamma(\vec{E} + \vec{E}^*)$  **обобщенный закон Ома.**

Выполним преобразования:  $\vec{j} \cdot d\vec{l} = \vec{E} \cdot d\vec{l} + \vec{E}^* \cdot d\vec{l}$ ,

$$\int_1^2 \frac{\vec{j} \cdot d\vec{l}}{\gamma} = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l} + \int_1^2 \vec{E}^* \cdot d\vec{l}.$$

- В случае постоянного тока:  $\int_1^2 \frac{\vec{j} \cdot d\vec{l}}{\gamma} = I \int_1^2 \rho \frac{d\vec{l}}{S} = IR.$

$$\int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l} = \varphi_1 - \varphi_2, \quad \int_1^2 \vec{E}^* \cdot d\vec{l} = \varepsilon_{12}.$$

Приходим к интегральной форме закона Ома для неоднородного участка цепи:

$$IR = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}.$$

## 7. Мощность тока. Закон Джоуля – Ленца.

- Рассмотрим произвольный однородный участок, к концам которого приложено напряжение  $U$ . За время  $dt$  через сечения проводника переносится заряд  $dq = Idt$ . Работа сил электрического поля по переносу

$$dA = Udq = IUdt.$$

В этом случае работу электрического поля называют *работой тока*. Используя закон Ома, получим:

$$dA = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt.$$

Разделив работу  $dA$  на время  $dt$ , за которое она совершается, получим мощность  $P$ , развиваемую током на рассматриваемом участке цепи:

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

## 7. Мощность тока. Закон Джоуля – Ленца.

- **Закон Джоуля – Ленца в интегральной форме:**  
*количество теплоты, выделяемое постоянным электрическим током на участке цепи, равно произведению квадрата силы тока на время его прохождения и электрическое сопротивление этого участка цепи*  
$$Q = I^2 Rt.$$

- **Получим закон Джоуля–Ленца в дифференциальной форме.**

Выделим в проводнике элементарный цилиндрический объем  $dV = dSdl$ , обладающий сопротивлением  $R = \rho dl/dS$ .

## 7. Мощность тока. Закон Джоуля – Ленца.

По закону Джоуля – Ленца за время  $dt$  в этом объеме

выделится теплота

$$dQ = I^2 R dt = (jdS)^2 \rho \frac{dl}{dS} dt = \rho j^2 dV dt,$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление материала проводника;  $j$  – плотность тока в проводнике.

Величина  $Q_{\text{уд}} = \frac{dQ}{dV dt}$  называется *удельной тепловой мощностью*

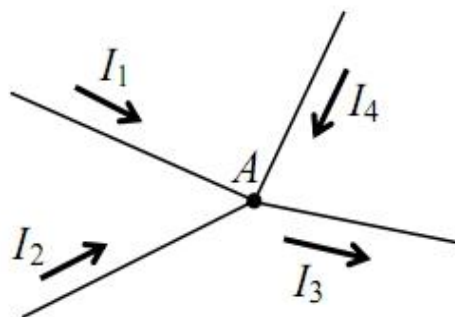
*тока*. Удельная тепловая мощность тока – это количество теплоты, выделяющееся за единицу времени в единице объема.

С учетом этого закон Джоуля – Ленца в дифференциальной форме будет иметь вид:

$$Q_{\text{уд}} = \rho j^2 = \frac{1}{\gamma} j^2.$$



## 8. Расчет разветвленных электрических цепей. Правила Кирхгофа.



*Первое правило Кирхгофа:* алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле разветвленной электрической цепи, равна нулю:

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0.$$

## 8. Расчет разветвленных электрических цепей. Правила Кирхгофа.

*Второе правило Кирхгофа (правило контуров):* в любом замкнутом контуре, произвольно выбранном в разветвленной электрической цепи, алгебраическая сумма произведений сил токов  $I_i$  на сопротивления  $R_i$  соответствующих участков этого контура равна алгебраической сумме ЭДС источников  $\mathcal{E}$ , действующих в этом контуре:

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{k=1}^m \mathcal{E}_k.$$

Направление обхода контура

