



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

- Электрический ток протекает через тела только при наличии в них свободных зарядов, т.е. только через проводники
- Проводниками электричества могут быть тела в различных агрегатных состояниях:
 - **твердые тела:**
 - металлы и их сплавы (медь, алюминий, железо, серебро, золото и др.)
 - полупроводники (кремний, германий и т.д.)
 - **жидкости:**
 - растворы-электролиты (растворы кислотных солей, щелочей и т. д.)
 - жидкие металлы (ртуть)
 - расплавы металлов
 - **ионизованные газы** (газы, в которых некоторые молекулы «разрушены», т.е. нарушена их нейтральность с образованием ионов и свободных электронов)
 - **плазма** (газы, в которых подавляющая часть молекул «разрушена», т.е. превращена в ионы, «нормальных» молекул практически нет)
 - **вакуум** (если в нем каким-либо образом созданы заряженные частицы)



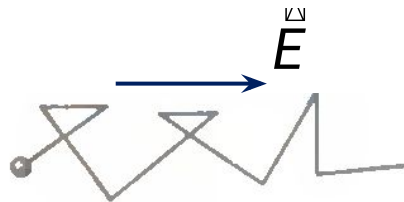


ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ МЕТАЛЛОВ

- В металлах зарядами, которые могут перемещаться по объему, являются свободные («общественные») электроны
- Концентрация свободных электронов в металлах — порядка 10^{28} м^{-3}
- В отсутствие внешнего электрического поля электроны в металле находятся в хаотическом движении (как молекулы газа), образуя «электронный газ»



- Скорость хаотического движения электронов — порядка 10^3 м/с
- В любой точке металла количество положительных ионов равно количеству электронов, так что в целом металл остается нейтральным
- Если приложить внешнее электрическое поле, то на хаотическое движение электронов накладывается их упорядоченное движение (дрейф) под действием силы со стороны электрического поля — появляется электрический ток



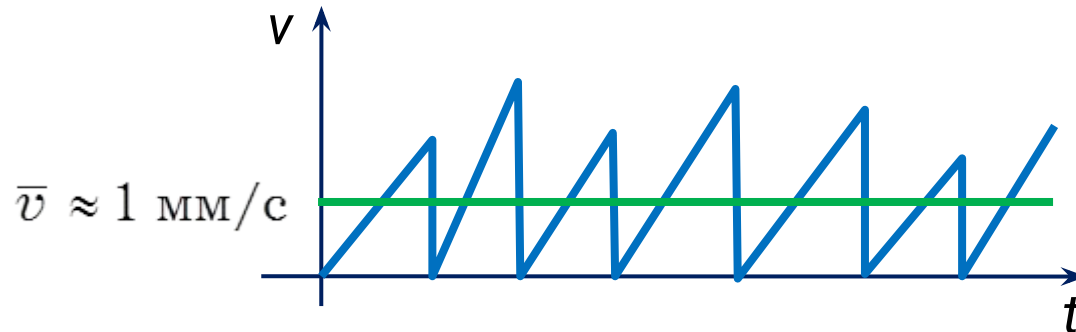
- Скорость упорядоченного движения электронов — порядка 10^{-3} м/с



- Вообще говоря, электроны под действием электрического поля должны двигаться равноускоренно:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}$$

- Но беспорядочно движущиеся электроны с наложенным на них упорядоченным движением все время сталкиваются с положительными ионами кристаллической решетки металла
- В результате зависимость скорости упорядоченного движения (дрейфа) электронов от времени имеет следующий вид:



- Такое движение можно формально заменить равномерным упорядоченным движением электронов с некоторой средней скоростью
- Внешне это выглядит так, как будто металл сопротивляется протеканию электрического тока



- Чем сильнее электрическое поле, тем большая сила действует на электроны и тем больше средняя скорость упорядоченного движения электронов:

$$\bar{v} \sim E$$

- **Качественное объяснение закона Ома** для участка цепи:

- чем больше скорость электронов, тем больше зарядов пересекает поперечное сечение, т.е. тем больше сила тока:

$$\bar{v} \sim I$$

- чем больше напряженность электрического поля, тем большее напряжение (разность потенциалов) приложена к концам проводника длины l :

$$E \sim U$$

$$E = \frac{U}{l}$$

- значит,

$$\bar{v} \sim E \Rightarrow I \sim U$$

- коэффициентом пропорциональности является сопротивление R металла: чем больше сопротивление данного металла, тем меньше сила тока:

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



□ **Качественное объяснение закона Джоуля–Ленца:**

- при соударении с ионами кристаллической решетки разогнавшийся электрон передает иону кинетическую энергию
- кинетическая энергия иона возрастает и он начинает колебаться с большей интенсивностью (энергией)
- мерой интенсивности движения атомов (в том числе и ионов) является температура
- значит, при протекании тока через металлы они должны нагреваться — это и есть **тепловое действие тока**, описываемое законом Джоуля–Ленца



- Две причины повышения температуры металлов:
 - за счет протекания тока (тепловое действие тока)
 - за счет внешнего нагревателя
- При повышении температуры металла возрастает частота и амплитуда (размах) колебаний ионов кристаллической решетки и скорость хаотического движения электронов
- Вывод: при повышении температуры увеличивается частота соударений электронов с ионами
- Вывод: это должно привести к увеличению сопротивления металлов
- Экспериментально обнаружено, что зависимость сопротивления R металлов от температуры имеет вид

$$R = R_0(1 + \alpha t)$$

R_0 — сопротивление металла при $0\text{ }^\circ\text{C}$;

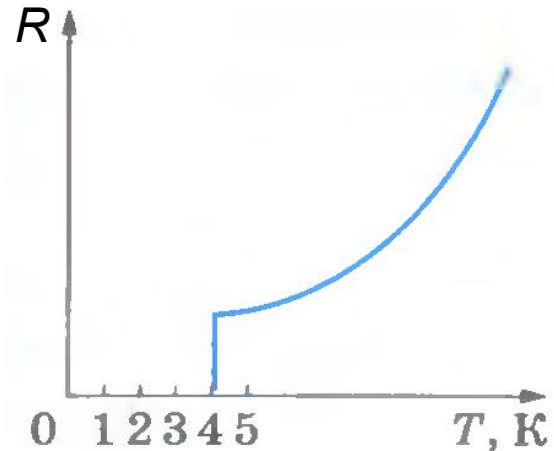
α — температурный коэффициент сопротивления металла (табличная величина);

t — температура металла в градусах Цельсия

- Размерность температурного коэффициента сопротивления: $^\circ\text{C}^{-1}$ или K^{-1}
- Для металлов коэффициент α имеет значения порядка 10^{-5} K^{-1} (но все-таки для различных металлов различаются)



- При понижении температуры металлов намного ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ их сопротивление уменьшается нелинейно и при некоторой очень низкой температуре обращается в нуль



- Это явление называется **сверхпроводимостью**: металл никакого сопротивления протеканию тока не оказывает
- Соответственно при протекании тока не выделяется теплота, т.е. не происходит рассеяния энергии тока
- Один раз запущенный ток может течь бесконечно без источника тока

