

Группа 15. Физика

Дата: 25.06.2020

Урок № 109

Тип урока: комбинированный урок

Тема урока:

**Электрическая проводимость различных веществ. Электронная проводимость металлов**

**Цели урока:**

**Предметные:**

- разъяснить физическую природу электрической проводимости веществ с точки зрения электронной теории.

**Развивающая:**

- развитие логического мышления, смекалки; формирование интереса к физическому эксперименту;
- активизация творческого мышления учащихся; умение анализировать, делать выводы.

**Воспитывающая:**

- воспитать интерес к физике для познаваемости мира и объективности наших знаний о нем.

**Деятельностная:**

- формирование у студентов способностей к самостоятельному построению новых способов действия на основе метода рефлексивной самоорганизации.

**Образовательная:**

- расширение понятийной базы по учебному предмету за счет включения в нее новых элементов.

**Задание:**

*Ознакомиться с текстом по теме занятия. Написать в тетради краткий конспект. Ответить на контрольные вопросы, желательно в программе Word.*

**План конспекта:**

- 1) Электрический ток в различных средах
  - 2) Полупроводники
  - 3) Электронная проводимость металлов
  - 4) Экспериментальное доказательство существования свободных электронов в металлах
  - 5) Движение электронов в металлах
-

## Электрический ток в различных средах

*Как движутся электроны в металлическом проводнике, когда в нём нет электрического поля?*

**В отсутствие электрического поля происходит беспорядочное движение электронов, которое не является электрическим током.**

*Как изменяется движение электронов, когда к металлическому проводнику прикладывают напряжение?*

**Под действием, приложенного к металлическому проводнику электрического поля, в нём возникает направленное движение электронов – электрический ток.**

Электрический ток проводят твёрдые, жидкие и газообразные тела. Чем эти проводники отличаются друг от друга?

Мы познакомились с электрическим током в металлических проводниках и с установленной экспериментально вольт-амперной характеристикой этих проводников — законом Ома. ( $I = \frac{U}{R}$ )

Наряду с металлами хорошими проводниками, т. е. веществами с большим количеством свободных заряженных частиц, являются водные растворы или расплавы электролитов и ионизованный газ — плазма. Эти проводники широко используются в технике.

В вакуумных электронных приборах электрический ток образуют потоки электронов.

Металлические проводники находят самое широкое применение в передаче электроэнергии от источников тока к потребителям. Кроме того, эти проводники используются в электродвигателях и генераторах, электронагревательных приборах и т. д.

## Полупроводники

Кроме проводников и диэлектриков (веществ со сравнительно небольшим количеством свободных заряженных частиц), имеется группа веществ, проводимость которых занимает промежуточное положение между проводниками и диэлектриками. Эти вещества не настолько хорошо проводят электричество, чтобы их назвать проводниками, но и не настолько плохо, чтобы их отнести к диэлектрикам. Поэтому они получили название *полупроводников*.

Долгое время полупроводники не играли заметной практической роли. В электротехнике и радиотехнике применяли исключительно различные проводники и диэлектрики. Положение существенно изменилось, когда сначала была предсказана теоретически, а затем обнаружена и изучена легкоосуществимая возможность управления электрической проводимостью полупроводников.

Ещё раз подчеркнём, что нет универсального носителя тока. В таблице приведены носители тока в различных средах.

Среда	Носители тока
Металл	Свободные электроны
Электролит	Положительные и отрицательные ионы
Газ	Ионы и электроны
Вакуум	Электроны
Полупроводник	Свободные электроны и дырки

### Электронная проводимость металлов

Начнём с металлических проводников. Вольт-амперная характеристика этих проводников нам известна, но пока ничего не говорилось о её объяснении с точки зрения молекулярно-кинетической теории.

Важно

Носителями свободных зарядов в металлах являются электроны. Их концентрация велика — порядка  $10^{28}$   $1/\text{м}^3$ .

Эти электроны участвуют в беспорядочном тепловом движении. Под действием электрического поля они начинают перемещаться упорядоченно со средней скоростью порядка  $10^{-4}$  м/с.

### Экспериментальное доказательство существования свободных электронов в металлах

Экспериментальное доказательство того, что проводимость металлов обусловлена движением свободных электронов, было дано в опытах Мандельштама и Папалекси (1913), Стюарта и Толмена (1916). Схема этих опытов такова.



Рис. 16.1

На катушку наматывают проволоку, концы которой припаивают к двум металлическим дискам, изолированным друг от друга (рис. 16.1). К концам дисков при помощи скользящих контактов подключают гальванометр.

Катушку приводят в быстрое вращение, а затем резко останавливают. После резкой остановки катушки свободные заряженные частицы некоторое время движутся относительно проводника по инерции, и, следовательно, в катушке возникает электрический ток. Ток существует незначительное время, так как из-за сопротивления проводника заряженные частицы тормозятся и упорядоченное движение частиц, образующее ток, прекращается.

Направление тока в этом опыте говорит о том, что он создаётся движением отрицательно заряженных частиц. Переносимый при этом заряд пропорционален отношению заряда частиц, создающих ток, к их массе, т. е.  $|q|/m$ . Поэтому, измеряя заряд, проходящий через гальванометр за время существования тока в цепи, удалось определить это отношение. Оно оказалось равным  $1,8 \cdot 10^{11}$  Кл/кг. Эта величина совпадала с отношением заряда электрона к его массе  $e/m$ , найденным ранее из других опытов.

### Движение электронов в металле

Свободные электроны в металле движутся хаотично. При подключении проводника к источнику тока в нём создаётся электрическое поле, и на электроны начинает действовать кулоновская сила  $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ . Под действием этой силы электроны начинают двигаться направленно, т. е. на хаотичное движение электронов накладывается упорядоченное

движение с ускорением  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m_e}$ . Скорость направленного движения увеличивается в течение некоторого времени  $t_0$  до тех пор, пока не произойдёт столкновение электронов с ионами кристаллической решётки. При этом электроны теряют направление движения, а затем опять начинают двигаться направленно. Таким образом, скорость направленного движения электрона изменяется от нуля до некоторого максимального значения,

равного  $\frac{q_e E t_0}{m_e}$ . В результате средняя скорость упорядоченного движения электронов

оказывается равной  $\frac{q_e E t_0}{m_e 2}$ , т. е. пропорциональной напряжённости электрического поля в проводнике:  $v \sim E$  и, следовательно, разности потенциалов на концах проводника, так

как  $E = \frac{U}{l}$ , где  $l$  — длина проводника.

Важно

Сила тока в проводнике пропорциональна скорости упорядоченного движения частиц (см.

формулу (15.2)  $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{q_0 n S \Delta v}{\Delta t} = q_0 n v S$  (15.2) ).

Поэтому можем сказать, что сила тока пропорциональна разности потенциалов на концах проводника:  $I \sim U$ .

В этом состоит *качественное объяснение закона Ома* на основе электронной теории проводимости металлов.

**ИНТЕРЕСНО**

Построить удовлетворительную количественную теорию движения электронов в металле на основе законов классической механики невозможно. Дело в том, что условия движения электронов в металле таковы, что классическая механика Ньютона неприменима для описания этого движения. Этот факт

подтверждает, например, зависимость сопротивления от температуры. Согласно классической теории металлов, в которой движение электронов рассматривается на основе второго закона Ньютона, сопротивление проводника пропорционально  $\sqrt{T}$ , эксперимент же показывает линейную зависимость сопротивления от температуры.

---

### Контрольные вопросы:

1. Чем отличаются проводники от полупроводников?
2. Катушка (см. рис. 16.1),



Рис. 16.1

вращалась по часовой стрелке, а затем была резко заторможена. Каково направление электрического тока в катушке в момент торможения?

3. Что определяет скорость упорядоченного движения электронов в металле?
4. Какие частицы находятся в узлах кристаллической решётки металла?

---

### Литература:

Мякишев Г. Я. Физика 10 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений. М., 2010. §109 упр. 1-2 §110 упр. 1-2