

Группа 15. Физика

Дата: 26.06.2020

Уроки № 110

Тип урока: комбинированный урок

Тема урока:

**Зависимость сопротивления проводника от температуры. Сверхпроводимость.**

**Цели урока:**

**Предметные:**

- ввести понятие температурного коэффициента сопротивления и сверхпроводимости; изучить явление сверхпроводимости.

**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) Сопротивление и удельное сопротивление
  - 2) Зависимость сопротивления проводников от температуры
  - 3) Температурный коэффициент сопротивления
  - 4) Особенности температурной зависимости некоторых проводников
  - 5) Сверхпроводимость
  - 6) Высокотемпературная сверхпроводимость
-

Давайте вспомним, какую физическую величину называют сопротивлением:

**Сопротивление** – физическая величина, которая характеризует способность проводника препятствовать прохождению тока через проводник.

От чего и как зависит сопротивление металлического проводника?

Сопротивление проводника  $R$  зависит от свойств проводника, которые характеризуются удельным сопротивлением  $\rho$ . При этом  $R$  и  $\rho$  связаны соотношением:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad [\text{Ом}]$$

Здесь  $S$  – площадь сечения проводника

$l$  – длина проводника

### Зависимость сопротивления от температуры

Различные вещества имеют разные удельные сопротивления. Зависит ли сопротивление от состояния проводника? от его температуры? Ответ должен дать опыт.

Если пропустить ток от аккумулятора через стальную спираль, а затем начать нагревать её в пламени горелки, то амперметр покажет уменьшение силы тока. Это означает, что с изменением температуры сопротивление проводника меняется.

Если при температуре, равной  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , сопротивление проводника равно  $R_0$ , а при температуре  $t$  оно равно  $R$ , то относительное изменение сопротивления, как показывает опыт, прямо пропорционально изменению температуры  $t$ :

$$\frac{R - R_0}{R_0} = \alpha t. \quad (16.1)$$

Коэффициент пропорциональности  $\alpha$  называют температурным коэффициентом сопротивления.

Запомни

**Температурный коэффициент сопротивления  $\alpha$**  — величина, равная отношению относительного изменения сопротивления проводника к изменению его температуры.

Он характеризует зависимость сопротивления вещества от температуры.

Важно

Температурный коэффициент сопротивления численно равен относительному изменению сопротивления проводника при нагревании на  $1\text{ К}$  (на  $1\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Для всех металлических проводников коэффициент  $\alpha > 0$  и незначительно меняется с изменением температуры. Если интервал изменения температуры невелик, то температурный коэффициент можно считать постоянным и равным его среднему значению на этом интервале температур. У чистых металлов  $\alpha \approx \frac{1}{273} \text{K}^{-1}$ .

**Важно**

У растворов электролитов сопротивление с ростом температуры не увеличивается, а уменьшается. Для них  $\alpha < 0$ . Например, для 10%-ного раствора поваренной соли  $\alpha = -0,02 \text{K}^{-1}$ .

При нагревании проводника его геометрические размеры меняются незначительно. Сопротивление проводника меняется в основном за счёт изменения его удельного сопротивления. Можно найти зависимость этого удельного сопротивления от

температуры, если в формулу (16.1) подставить значения  $R = \rho \frac{l}{S}$  и  $R_0 = \rho_0 \frac{l}{S}$ . Вычисления приводят к следующему результату:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t), \text{ или } \rho = \rho_0(1 + \alpha \Delta T), \quad (16.2)$$

где  $\Delta T$  — изменение абсолютной температуры.

**Запомни**

Так как  $\alpha$  мало меняется при изменении температуры проводника, то можно считать, что удельное сопротивление проводника линейно зависит от температуры (рис. 16.2).

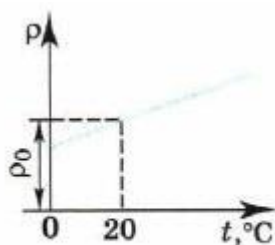


Рис. 16.2

Увеличение сопротивления можно объяснить тем, что при повышении температуры увеличивается амплитуда колебаний ионов в узлах кристаллической решётки, поэтому свободные электроны сталкиваются с ними чаще, теряя при этом направленность движения. Хотя коэффициент  $\alpha$  довольно мал, учёт зависимости сопротивления от температуры при расчёте параметров нагревательных приборов совершенно необходим. Так, сопротивление вольфрамовой нити лампы накаливания увеличивается при прохождении по ней тока за счёт нагревания более чем в 10 раз.

**Особенности температурной зависимости некоторых проводников**

У некоторых сплавов, например у сплава меди с никелем (Константин), температурный коэффициент сопротивления очень мал:  $\alpha \approx 10^{-5} \text{K}^{-1}$ ; удельное сопротивление Константина велико:  $\rho \approx 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Такие сплавы используют для изготовления эталонных резисторов и добавочных резисторов к измерительным приборам, т. е. в тех случаях, когда требуется, чтобы сопротивление заметно не менялось при колебаниях температуры.

Существуют и такие металлы, например никель, олово, платина и др., температурный коэффициент которых существенно больше:  $\alpha \approx 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ . Зависимость их сопротивления от температуры можно использовать для измерения самой температуры, что и осуществляется в *термометрах сопротивления*.

На зависимости сопротивления от температуры основаны и приборы, изготовленные из полупроводниковых материалов, — *термисторы*. Для них характерны большой температурный коэффициент сопротивления (в десятки раз превышающий этот коэффициент у металлов), стабильность характеристик во времени. Номинальное сопротивление термисторов значительно выше, чем у металлических термометров сопротивления, оно обычно составляет 1, 2, 5, 10, 15 и 30 кОм.

**ИНТЕРЕСНО** Обычно в качестве основного рабочего элемента термометра сопротивления берут платиновую проволоку, зависимость сопротивления которой от температуры хорошо известна. Об изменениях температуры судят по изменению сопротивления проволоки, которое можно измерить. Такие термометры позволяют измерять очень низкие и очень высокие температуры, когда обычные жидкостные термометры непригодны.

### Сверхпроводимость

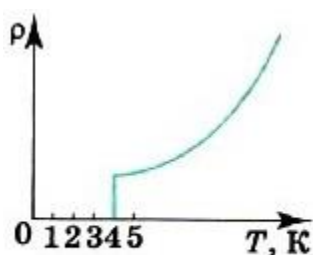


Рис. 16.3

Сопротивление металлов уменьшается с уменьшением температуры. Что произойдет при стремлении температуры к абсолютному нулю?

В 1911 г. голландский физик Х. Камерлинг-Оннес открыл замечательное явление — *сверхпроводимость*. Он обнаружил, что при охлаждении ртути в жидком гелии её сопротивление сначала меняется постепенно, а затем при температуре 4,1 К очень резко падает до нуля (рис. 16.3).

**Запомни**

Явление падения до нуля сопротивления проводника при критической температуре называется **сверхпроводимостью**.

Открытие Камерлинг-Оннеса, за которое в 1913 г. ему была присуждена Нобелевская премия, повлекло за собой исследования свойств веществ при низких температурах. Позже было открыто много других сверхпроводников.

Сверхпроводимость многих металлов и сплавов наблюдается при очень низких температурах — начиная примерно с 25 К. В справочных таблицах приводятся температуры перехода в сверхпроводящее состояние некоторых веществ.

Температура, при которой вещество переходит в сверхпроводящее состояние, называется **критической температурой**.

Критическая температура зависит не только от химического состава вещества, но и от структуры самого кристалла. Например, серое олово имеет структуру алмаза с кубической кристаллической решёткой и является полупроводником, а белое олово обладает тетрагональной элементарной ячейкой и является серебристо-белым, мягким, пластичным металлом, способным при температуре, равной 3,72 К, переходить в сверхпроводящее состояние.

У веществ в сверхпроводящем состоянии были отмечены резкие аномалии магнитных, тепловых и ряда других свойств, так что правильнее говорить не о сверхпроводящем состоянии, а об особом, наблюдаемом при низких температурах состоянии вещества.

Если в кольцевом проводнике, находящемся в сверхпроводящем состоянии, создать ток, а затем удалить источник тока, то сила этого тока не меняется сколь угодно долго. В обычном же (несверхпроводящем) проводнике электрический ток в этом случае прекращается.



Подумайте, что останавливает направленное движение электронов в проводнике.

Сверхпроводники находят широкое применение. Так, сооружают мощные электромагниты со сверхпроводящей обмоткой, которые создают магнитное поле на протяжении длительных интервалов времени без затрат энергии. Ведь *выделения тепла в сверхпроводящей обмотке не происходит*.

Однако получить сколь угодно сильное магнитное поле с помощью сверхпроводящего магнита нельзя. Очень сильное магнитное поле разрушает сверхпроводящее состояние. Такое поле может быть создано и током в самом сверхпроводнике. Поэтому для каждого проводника в сверхпроводящем состоянии существует критическое значение силы тока, превысить которое, не нарушая сверхпроводящего состояния, нельзя.

Сверхпроводящие магниты используются в ускорителях элементарных частиц, магнитогидродинамических генераторах, преобразующих механическую энергию струи раскалённого ионизованного газа, движущегося в магнитном поле, в электрическую энергию.

Объяснение сверхпроводимости возможно только на основе квантовой теории. Оно было дано лишь в 1957 г. американскими учёными Дж. Бардиным, Л. Купером, Дж. Шриффером и советским учёным, академиком Н. Н. Боголюбовым.

В 1986 г. была открыта **высокотемпературная сверхпроводимость**. Получены сложные оксидные соединения лантана, бария и других элементов (керамики) с температурой перехода в сверхпроводящее состояние около 100 К. Это выше температуры кипения жидкого азота при атмосферном давлении (77 К).

Высокотемпературная сверхпроводимость в недалёком будущем приведёт наверняка к новой технической революции во всей электротехнике, радиотехнике, конструировании ЭВМ. Сейчас прогресс в этой области тормозится необходимостью охлаждения проводников до температур кипения дорогого газа — гелия.

**ИНТЕРЕСНО**

Физический механизм сверхпроводимости довольно сложен. Очень упрощённо его можно объяснить так: электроны объединяются в правильную шеренгу и движутся, не сталкиваясь с кристаллической решёткой, состоящей из ионов. Это движение существенно отличается от обычного теплового движения, при котором свободный электрон движется хаотично.

Надо надеяться, что удастся создать сверхпроводники и при комнатной температуре. Генераторы и электродвигатели станут исключительно компактными (уменьшатся в несколько раз) и экономичными. Электроэнергию можно будет передавать на любые расстояния без потерь и аккумулировать в простых устройствах.

---

**Контрольные вопросы:**

1. Когда электрическая лампочка потребляет большую мощность: сразу после включения её в сеть или спустя несколько минут?
2. Если бы сопротивление спирали электроплитки не менялось с температурой, то её длина при номинальной мощности должна быть большей или меньшей?
3. Каковы главные технические трудности использования сверхпроводников на практике?
4. Как убедиться в том, что в кольцевом сверхпроводнике действительно устанавливается неизменный ток?

---

**Литература:**

Мякишев Г. Я. Физика 10 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений. М., 2010. ] §111 упр. 1-2 §112 упр. 1-2