

**Группа 18. Физика**

**Дата: 25.01.2022**

**Уроки № 76, 75**

Тип урока: комбинированный урок

**Темы уроков:**

**Транзисторы. Применение транзисторов. Простейший усилитель на транзисторе.  
Электрический ток в жидкостях. Электролиз. Закон электролиза.**

**Цели урока:**

**Предметные:**

- формирование новых понятий: транзистор; электролиз;
- знакомство с усилителем на транзисторе и с законом электролиза.

**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 урока. Написать в тетради краткий конспект. Ответить на контрольные вопросы.***

---

**План конспекта:**

- 1) Транзисторы
- 2) Усиление сигнала с помощью р-п-р транзистора
- 3) Применение транзисторов
- 4) Повторение
- 5) Электрические свойства жидкостей
- 6) Электролитическая диссоциация
- 7) Ионная проводимость
- 8) Электролиз
- 9) Закон Фарадея для электролиза
- 10) Экспериментальное подтверждение закона Фарадея

## 11) Применение электролиза

---

### Транзисторы

**Транзистор (полупроводниковый триод)** — радиоэлектронный компонент из полупроводникового материала, обычно с тремя выводами, способный от небольшого входного сигнала управлять значительным током в выходной цепи, что позволяет использовать его для усиления, генерирования, коммутации и преобразования электрических сигналов. В настоящее время транзистор является основой схемотехники подавляющего большинства электронных устройств и интегральных микросхем.

Ещё одно применение полупроводников с примесным типом проводимости — транзисторы — приборы, используемые для усиления электрических сигналов.

#### Усиление сигнала с помощью р-п-р транзистора

Рассмотрим один из видов транзисторов из германия или кремния с введёнными в них донорными и акцепторными примесями. Распределение примесей таково, что создаётся очень тонкая (толщиной порядка нескольких микрометров) прослойка полупроводника n-типа между двумя слоями полупроводника р-типа (рис. 16.17). Эту тонкую прослойку называют *основанием* или *базой*.

В кристалле образуются два р—n-перехода, прямые направления которых противоположны. Три вывода от областей с различными типами проводимости позволяют включить транзистор в схему, изображённую на рисунке 16.17. В данной схеме при подключении батареи Б1 левый р—n-переход является *прямым*. Левый полупроводник с проводимостью р-типа называют *эмиттером*. Если бы не было правого р—n-перехода, в цепи эмиттер — база существовал бы ток, зависящий от напряжения источников (батареи Б1 и источника переменного напряжения) и сопротивления цепи, включая малое сопротивление прямого перехода эмиттер — база.

Батарея Б2 включена так, что правый n—р-переход в схеме (см. рис. 16.17) является *обратным*. Правая область с проводимостью р-типа называется *коллектором*. Если бы не было левого р—n-перехода, сила тока в цепи коллектора была бы близка к нулю, так как сопротивление обратного перехода очень велико. При существовании же тока в левом р—n-переходе появляется ток и в цепи коллектора, причём сила тока в коллекторе лишь немного меньше силы тока в эмиттере. (Если на эмиттер подано отрицательное напряжение, то левый р—n-переход будет обратным, и ток в цепи эмиттера и в цепи коллектора будет практически отсутствовать.)

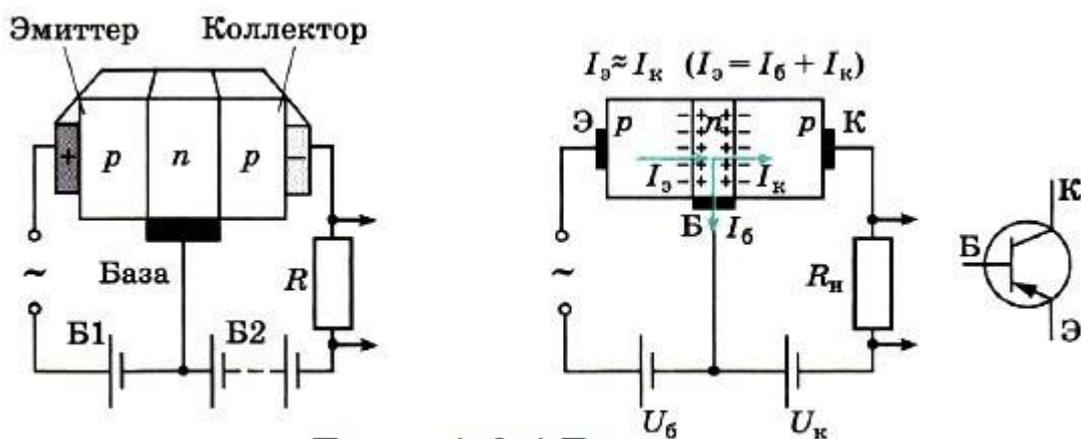


Рис. 16.17

Это объясняется следующим образом. При создании напряжения между эмиттером и базой основные носители полупроводника р-типа (дырки) проникают в базу, где они являются уже *неосновными носителями*. Поскольку толщина базы очень мала и число основных носителей (электронов) в ней невелико, попавшие в неё дырки почти не объединяются (не рекомбинируют) с электронами базы и проникают в коллектор за счёт диффузии. Правый р—n-переход закрыт для основных носителей заряда базы — электронов, но не для дырок. В коллекторе дырки увлекаются электрическим полем и замыкают цепь. Сила тока, ответвляющегося в цепь эмиттера из базы, очень мала, так как площадь сечения базы в горизонтальной (см. рис. 16.17) плоскости много меньше сечения в вертикальной плоскости.

Сила тока в коллекторе, почти равная силе тока в эмиттере, изменяется вместе с током через эмиттер. Сопротивление резистора  $R$  мало влияет на ток в коллекторе, и это сопротивление можно сделать достаточно большим. Управляя током эмиттера с помощью источника переменного напряжения, включённого в его цепь, мы получим синхронное изменение напряжения на резисторе  $R$ .

При большом сопротивлении резистора изменение напряжения на нём может в десятки тысяч раз превышать изменение напряжения сигнала в цепи эмиттера. Это означает усиление напряжения. Поэтому на нагрузке  $R$  можно получить электрические сигналы, мощность которых во много раз превышает мощность, поступающую в цепь эмиттера.

### Применение транзисторов

Современная электроника базируется на микросхемах и микропроцессорах, включающих в себя колоссальное число транзисторов.

#### ИНТЕРЕСНО

Первая интегральная схема поступила в продажу в 1964 г. Она содержала шесть элементов — четыре транзистора и два резистора. Современные микросхемы содержат миллионы транзисторов.

Компьютеры, составленные из микросхем и микропроцессоров, фактически изменили окружающий человека мир. В настоящее время не существует ни одной области человеческой деятельности, где компьютеры не служили бы активными помощниками человека. Например, в космических исследованиях или высокотехнологичных

производства работают микропроцессоры, уровень организации которых соответствует искусственному интеллекту.

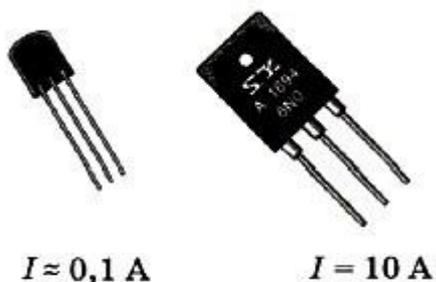


Рис. 16.18

Транзисторы (рис. 16.18, 16.19) получили чрезвычайно широкое распространение в современной технике. Они заменили электронные лампы в электрических цепях научной, промышленной и бытовой аппаратуры. Портативные радиоприёмники, в которых используются такие приборы, в обиходе называются транзисторами. Преимуществом транзисторов (так же как и полупроводниковых диодов) по сравнению с электронными лампами является прежде всего отсутствие накаливаемого катода, потребляющего значительную мощность и требующего времени для его разогрева. Кроме того, эти приборы в десятки и сотни раз меньше по размерам и массе, чем электронные лампы.

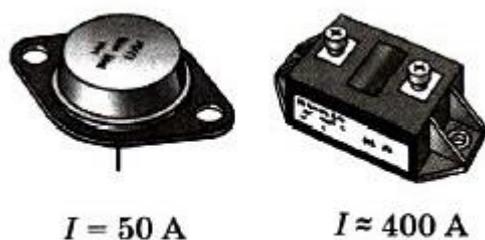


Рис. 16.19

Давайте вспомним:

*Каковы носители электрического тока в вакууме?*

**Носителями электрического тока в вакууме являются электроны.**

*Каков характер их движения?*

**Электроны движутся от разогретого катода, который имеет отрицательный потенциал к аноду, потенциал анода – положительный. Электроны испускаются разогретым катодом, такое явление называется термоэлектронная эмиссия.**

### Электрические свойства жидкостей

Жидкости, как и твёрдые тела, могут быть диэлектриками, проводниками и полупроводниками. К диэлектрикам относится дистиллированная вода, к проводникам — растворы и расплавы электролитов: кислот, щелочей и солей. Жидкими полупроводниками являются расплавленный селен, расплавы сульфидов и др.

## Электролитическая диссоциация

При растворении электролитов под влиянием электрического поля полярных молекул воды происходит распад молекул электролитов на ионы.

**Запомни**

Распад молекул на ионы под влиянием электрического поля полярных молекул воды называется **электролитической диссоциацией**.

**Степень диссоциации** — доля в растворённом веществе молекул, распавшихся на ионы.

Степень диссоциации зависит от температуры, концентрации раствора и электрических свойств растворителя.

**Важно**

С увеличением температуры степень диссоциации возрастает и, следовательно, увеличивается концентрация положительно и отрицательно заряженных ионов.

Ионы разных знаков при встрече могут снова объединиться в нейтральные молекулы.

При неизменных условиях в растворе устанавливается динамическое равновесие, при котором число молекул, распадающихся за секунду на ионы, равно числу пар ионов, которые за то же время вновь объединяются в нейтральные молекулы.

## Ионная проводимость

**Важно**

Носителями заряда в водных растворах или расплавах электролитов являются положительно и отрицательно заряженные ионы.

Если сосуд с раствором электролита включить в электрическую цепь, то отрицательные ионы начнут двигаться к положительному электроду — аноду, а положительные — к отрицательному — катоду. В результате по цепи пойдёт электрический ток.

**Запомни**

Проводимость водных растворов или расплавов электролитов, которая осуществляется ионами, называют **ионной проводимостью**.

Жидкости могут обладать и электронной проводимостью. Такой проводимостью обладают, например, жидкие металлы.

## Электролиз

При ионной проводимости прохождение тока связано с переносом вещества. На электродах происходит выделение веществ, входящих в состав электролитов. На аноде отрицательно заряженные ионы отдают свои лишние электроны (в химии это называется окислительной реакцией), а на катоде положительные ионы получают недостающие электроны (восстановительная реакция).

**ИНТЕРЕСНО**

Жидкости могут обладать и электронной проводимостью. Такой проводимостью обладают, например, жидкие металлы.

**Запомни**

Процесс выделения на электроде вещества, связанный с окислительно-восстановительными реакциями, называют **электролизом**.

От чего зависит масса вещества, выделяющегося за определённое время? Очевидно, что масса  $m$  выделившегося вещества равна произведению массы  $m_{0i}$  одного иона на число  $N_i$  ионов, достигших электрода за время  $\Delta t$ :

$$m = m_{0i}N_i. \quad (16.3)$$

Масса иона  $m_{0i}$  равна:

$$m_{0i} = \frac{M}{N_A}, \quad (16.4)$$

где  $M$  — молярная (или атомная) масса вещества, а  $N_A$  — постоянная Авогадро, т. е. число ионов в одном моле.

Число ионов, достигших электрода, равно:

$$N_i = \frac{\Delta q}{q_{0i}}, \quad (16.5)$$

где  $\Delta q = I\Delta t$  — заряд, прошедший через электролит за время  $\Delta t$ ;  $q_{0i}$  — заряд иона, который определяется валентностью  $n$  атома:  $q_{0i} = ne$  ( $e$  — элементарный заряд). При диссоциации молекул, например  $KBr$ , состоящих из одновалентных атомов ( $n = 1$ ), возникают ионы  $K^+$  и  $Br^-$ . Диссоциация молекул медного купороса ведёт к появлению двухзарядных ионов  $Cu^{2+}$  и  $SO_4^{2-}$  ( $n = 2$ ). Подставляя в формулу (16.3) выражения (16.4) и (16.5) и учитывая, что  $\Delta q = I\Delta t$ , а  $q_{0i} = ne$ , получаем

$$m = \frac{M}{neN_A} I\Delta t. \quad (16.6)$$

### Закон Фарадея

Обозначим через  $k$  коэффициент пропорциональности между массой  $m$  вещества и зарядом  $\Delta q = I\Delta t$ , прошедшим через электролит:

$$k = \frac{1}{eN_A} \frac{M}{n} = \frac{1}{F} \frac{M}{n}, \quad (16.7)$$

где  $F = eN_A = 9,65 \cdot 10^4$  Кл/моль — *постоянная Фарадея*.

Коэффициент  $k$  зависит от природы вещества (значений  $M$  и  $n$ ). Согласно формуле (16.6) имеем

$$m = kI\Delta t. \quad (16.8)$$

### Закон электролиза Фарадея:

Масса вещества, выделившегося на электроде за время  $\Delta t$ . при прохождении электрического тока, пропорциональна силе тока и времени.

$$m = kI\Delta t$$

**k [кг/Кл]** — электрохимический эквивалент вещества, который численно равен массе вещества, выделившегося на электроде при прохождении через электролит заряда в 1 Кулон.

Это утверждение, полученное нами теоретически, впервые было установлено экспериментально Фарадеем.

Электрохимический эквивалент имеет простой физический смысл. Так как  $M/NA = m_{0i}$  и  $e_p = q_{0i}$ , то согласно формуле (16.7)

$$k = m_{0i}/q_{0i},$$

т. е.  $k$  — отношение массы иона к его заряду.

Измеряя величины  $m$  и  $\Delta q$ , можно определить электрохимические эквиваленты различных веществ.

### Экспериментальное подтверждение закона Фарадея

Убедиться в справедливости закона Фарадея можно на опыте. Соберём установку, показанную на рисунке (16.25).

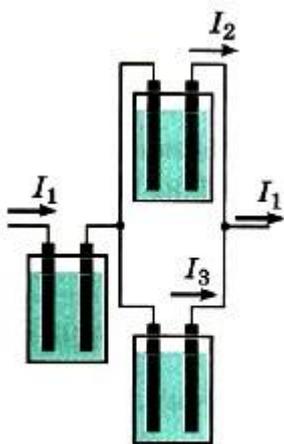


Рис. 16.25

Все три электролитические ванны заполнены одним и тем же раствором электролита, но токи, проходящие через них, различны. Обозначим силы токов через  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ . Тогда  $I_1 = I_2 + I_3$ . Измеряя массы  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  веществ, выделившихся на электродах в разных ваннах, можно убедиться, что они пропорциональны соответствующим силам токов  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ .



Предложите свою схему опыта, с помощью которого можно было бы проверить справедливость закона Фарадея. Проведите опыт.

Определение заряда электрона. Формулу (16.6) для массы выделившегося на электроде вещества можно использовать для определения заряда электрона. Из этой формулы вытекает, что модуль заряда электрона равен:

$$e = \frac{M}{mnN_A} I \Delta t. \quad (16.9)$$

Зная массу  $m$  выделившегося вещества при прохождении заряда  $I \Delta t$ , молярную массу  $M$ , валентность  $n$  атомов и постоянную Авогадро  $N_A$ , можно найти значение модуля заряда электрона. Оно оказывается равным  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Именно таким путём и было впервые в 1874 г. получено значение элементарного электрического заряда.

### Применение электролиза

Электролиз широко применяют в технике для различных целей. Электролитическим способом покрывают поверхность одного металла тонким слоем другого (*никелирование, хромирование, позолота* и т. п.). Это прочное покрытие защищает поверхность от коррозии. Если обеспечить хорошее отслаивание электролитического покрытия от поверхности, на которую осаждается металл (этого достигают, например, нанося на поверхность графит), то можно получить копию с рельефной поверхности.

Процесс получения отслаиваемых покрытий — *гальванопластика* — был разработан русским учёным Б. С. Якоби (1801—1874), который в 1836 г. применил этот способ для изготовления полых фигур для Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге.

#### ИНТЕРЕСНО

Раньше в полиграфической промышленности копии с рельефной поверхности (стереотипы) получали с матриц (оттиск набора на пластичном материале), для чего осаждали на матрицы толстый слой железа или другого вещества. Это позволяло воспроизвести набор в нужном количестве экземпляров.

При помощи электролиза осуществляют очистку металлов от примесей. Так, полученную из руды неочищенную медь отливают в форме толстых листов, которые затем помещают в ванну в качестве анодов. При электролизе медь анода растворяется, примеси, содержащие ценные и редкие металлы, выпадают на дно, а на катоде оседает чистая медь.

При помощи электролиза получают алюминий из расплава бокситов. Именно этот способ получения алюминия сделал его дешёвым и наряду с железом самым распространённым в технике и быту.

С помощью электролиза получают электронные платы, служащие основой всех электронных изделий. На диэлектрик наклеивают тонкую медную пластину, на которую наносят особой краской сложную картину соединяющих проводов. Затем пластину помещают в электролит, где вытравливаются не закрытые краской участки медного слоя. После этого краска смывается, и на плате появляются детали микросхемы.

-----

### **Контрольные вопросы:**

1. Почему база транзистора должна быть узкой?
2. Как надо включать в цепь транзистор, у которого база является полупроводником р-типа, а эмиттер и коллектор — полупроводниками n-типа?
3. Почему сила тока в коллекторе почти равна силе тока в эмиттере?
4. Почему при прохождении тока по раствору электролита происходит перенос вещества, а при прохождении по металлическому проводнику перенос вещества не происходит?
5. В чём состоит сходство и различие собственной проводимости у полупроводников и у растворов электролитов?
6. Сформулируйте закон электролиза Фарадея.
7. Почему отношение массы вещества, выделившегося при электролизе, к массе иона равно отношению прошедшего заряда к заряду иона?

-----

### **Литература:**

Мякишев Г. Я. Физика 10 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений. М., 2010. §116 упр. 1-3; §119 упр. 1-3; §120 упр. 1-2.