

Электрический ток в различных средах

Вещества

Разные вещества имеют различные электрические свойства, однако по электрической проводимости их можно разделить на 3 основные группы:



- Классическая электронная теория электропроводности металлов базируется на предположении о существовании свободно движущихся электронов внутри металлической решетки. Эти электроны обладают зарядом и свободно перемещаются под воздействием внешних электрических полей.
- Основной постулат классической электронной теории заключается в том, что свободные электроны подчиняются законам классической физики, описываемым уравнениями Максвелла.

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.



Л. И. Мандельштам
(1879—1944)



Рис. 16.1

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

Зависимость сопротивления проводника от температуры.

- Для металлических проводников с ростом температуры
- увеличивается удельное сопротивление, увеличивается сопротивление проводника и уменьшается электрический ток в цепи.
- Сопротивление проводника при изменении температуры
- можно рассчитать по формуле: $R = R_0 (1 + \alpha t)$, где R_0 - сопротивление проводника при 0 градусов Цельсия
- α - температурный коэффициент сопротивления

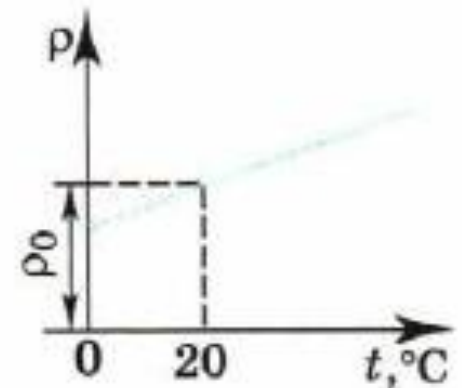
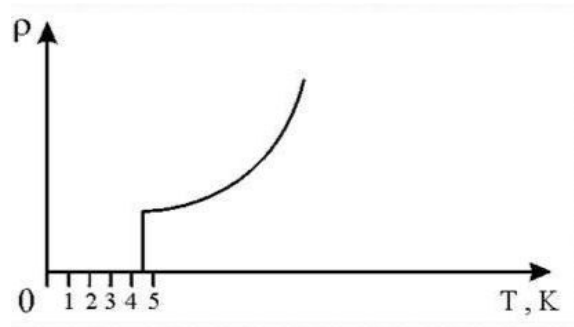


Рис. 16.2

Сверхпроводимость

- В 1911 г. голландский физик Камерлинг-Оннес при охлаждении ртути в жидком гелии ее сопротивление сначала меняется постепенно, а затем при температуре 4,1К очень резко падает до нуля.
- Это явление было названо сверхпроводимостью. Позже было открыто много других сверхпроводников.
- Сверхпроводимость
- наблюдается при очень низких температурах - около 25К.



Электрический ток в полупроводниках

- Электрическим током в полупроводниках называется направленное движение электронов к положительному полюсу, а дырок к отрицательному. Концентрация электронов проводимости в полупроводнике равна концентрации дырок: $n = p$. Электронно-дырочный механизм проводимости проявляется только у чистых (то есть без примесей) полупроводников. Он называется собственной электрической проводимостью полупроводников.



Рис. 16.4

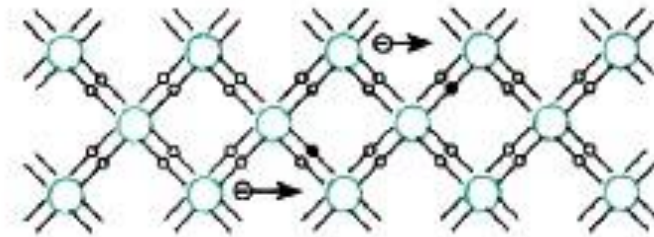
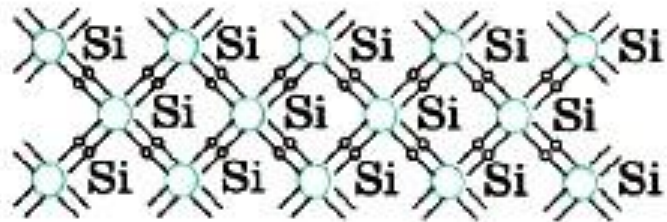
Собственная и примесная

проводимости

- Собственная проводимость - проводимость чистых полупроводников.

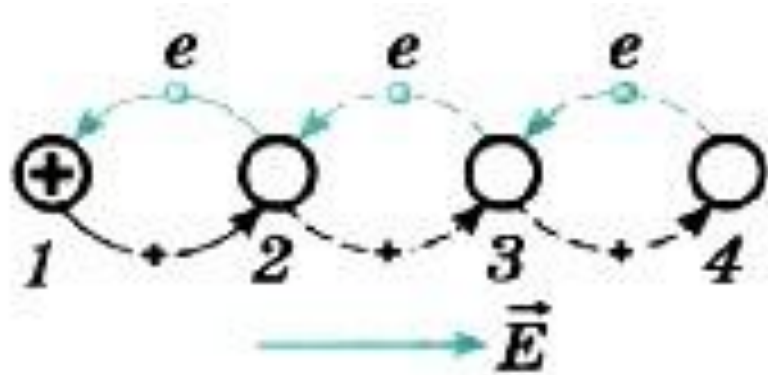
Примесная проводимость - проводимость, вызванная введением примесей.

Полупроводниковый диод представляет собой устройство, содержащее р-п-соединение и способное передавать ток только в одном направлении.



Электронная проводимость (проводимость n -типа), проводимость вещества, **основными носителями** заряда в котором являются **электроны**.
Электронная проводимость реализуется в **металлах**, а также в **полупроводниках**, когда концентрация **доноров** превышает концентрацию **акцепторов** (полупроводники n -типа).

Непрерывно происходит следующий процесс. Один из электронов, обеспечивающих связь атомов, перескакивает на место образовавшейся дырки и восстанавливает здесь парноэлектронную связь, а там, откуда перескочил этот электрон, образуется новая дырка.



Проводимость, обусловленная движением дырок, называется **дырочной проводимостью** полупроводников.

Проводимость чистых полупроводников называют **собственной проводимостью**.

- электрический ток идёт во всей цепи: от положительного контакта через область р-типа к р—n-переходу, затем через область n-типа к отрицательному контакту (рис. 16.12). Проводимость всего образца велика, а сопротивление мало. Чем больше подаваемое на контакт напряжение, тем
- Зависимость силы тока от разности потенциалов — вольт-амперная характеристика прямого перехода — изображена на рисунке (16.13) сплошной линией. больше сила тока.

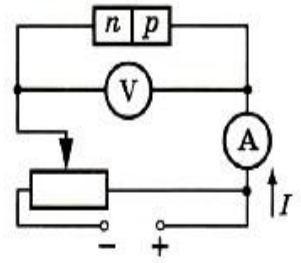


Рис. 16.12

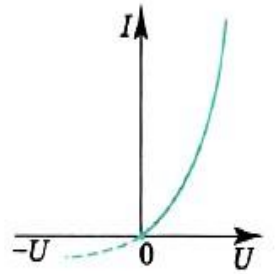


Рис. 16.13

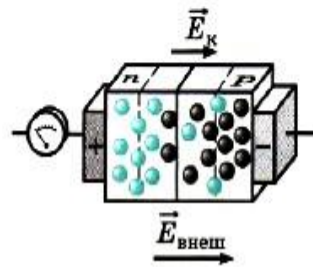


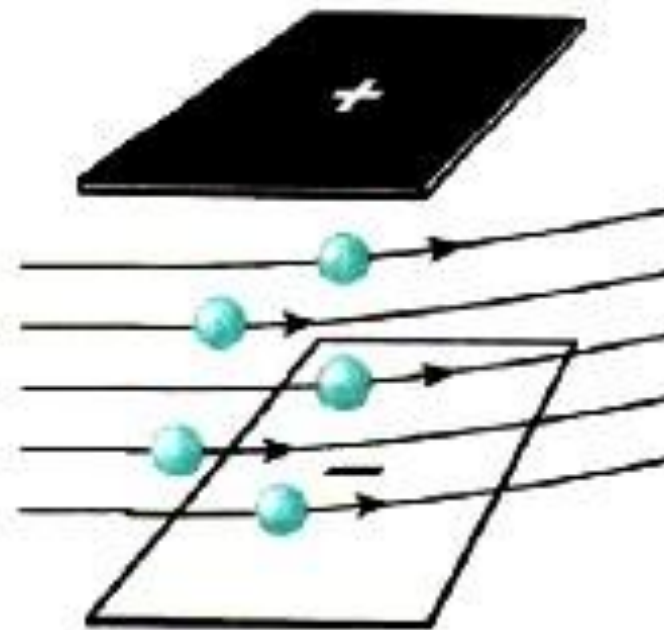
Рис. 16.14

Электрический ток в вакууме

- Ток в вакууме не может существовать самостоятельно, так как вакуум является диэлектриком. В таком случае создать ток можно с помощью термоэлектронной эмиссии. Термоэлектронная эмиссия – явление, при котором электроны выходят из металлов при нагревании. Такие электроны называются терм

ЭМИТТЕР

Электронные пучки отклоняются электрическим полем. Например, проходя между пластинами конденсатора, электроны отклоняются от отрицательно заряженной пластины к положительно заряженной (рис. 16.20).



Электронно-лучевая трубка. Возможность управления электронным пучком с помощью электрического или магнитного поля и свечение покрытого люминофором экрана под действием пучка применяют в электронно-лучевой трубке.

Электронно-лучевая трубка была основным элементом первых телевизоров и осциллографа — прибора для исследования быстропеременных процессов в электрических цепях (рис. 16.21).

Устройство электронно-лучевой трубки показано на рисунке 16.22. Эта трубка представляет собой вакуумный баллон, одна из стенок которого служит экраном. В узком конце трубки помещён источник быстрых электронов — *электронная пушка*



Рис. 16.21

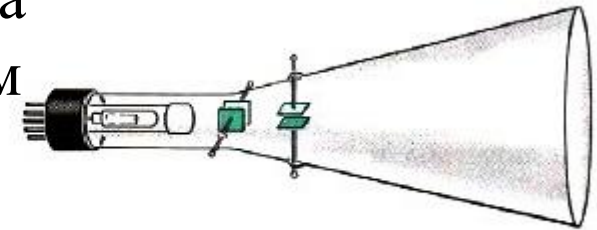


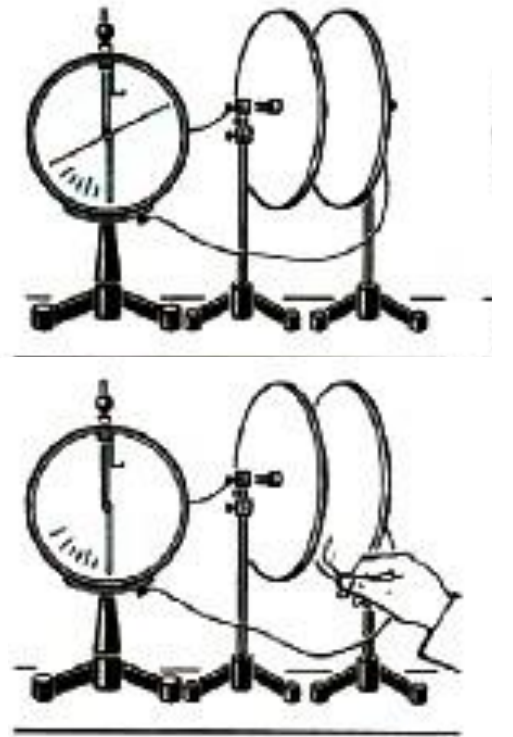
Рис. 16.22

Электрический ток в газах

В обычных условиях газ - это диэлектрик, т.е. он состоит из нейтральных атомов и молекул и не содержит свободных носителей эл.тока. Газ-проводник - это ионизированный газ. Ионизированный газ обладает электронно-ионной проводимостью.

Воздух является диэлектриком в линиях электропередач, в воздушных конденсаторах, в контактных выключателях.

Воздух является проводником при возникновении молнии, электрической искры, при возникновении сварочной дуги.



Несамостоятельный и самостоятельный разряды.

Электрические разряды в газе можно разделить на два вида: **самостоятельные**(16.31) и **несамостоятельные**(16.30).

Несамостоятельные разряды – разряды, которые происходят только при наличии внешнего ионизатора и прекращаются при его устранении. **Самостоятельные разряды** – разряды, происходящие и при отсутствии ионизаторов.

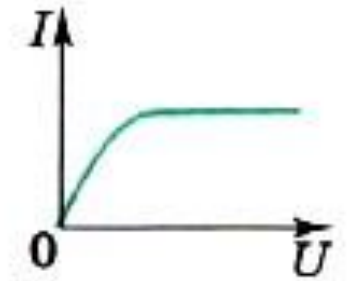


Рис. 16.30

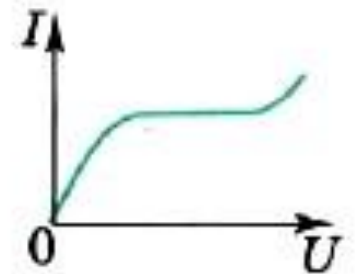


Рис. 16.31

Электрический ток в жидкостях

Электролитическая диссоциация – распад молекул на ионы под действием электрического поля.

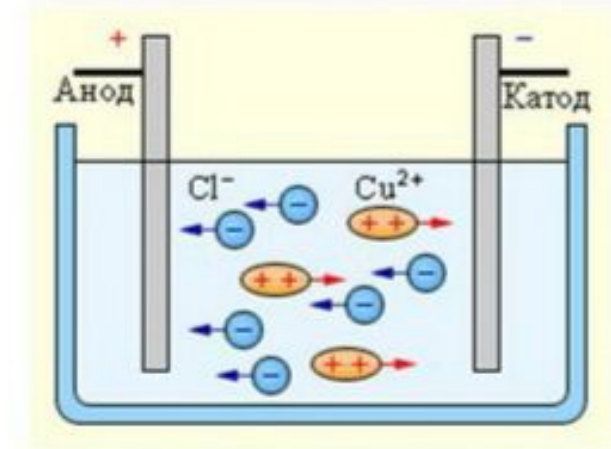
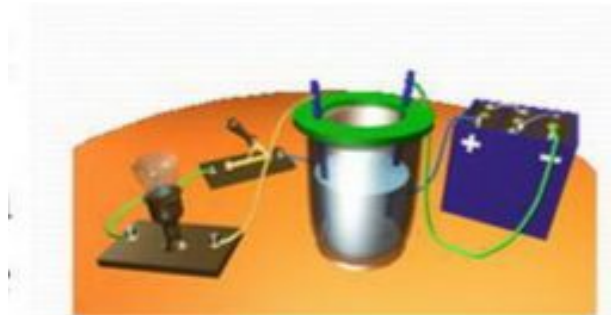
Электролиз – это процесс выделения на электроде вещества в процессе окислительно-восстановительных реакций.

Закон Фарадея (1833г.):

Масса m вещества, выделявшегося на электроде, прямо пропорциональна заряду Q прошедшему через электролит:

$$m = kI\Delta t$$

где k – электрический эквивалент



Электролиз водного раствора хлорида меди

Плазма

- **Плазма** — это частично или полностью ионизованный газ, в котором локальные плотности положительных и отрицательных зарядов практически совпадают.
- Таким образом, плазма в целом является электрически нейтральной системой. В зависимости от условий степень ионизации плазмы (отношение числа ионизованных атомов к их полному числу) может быть различной. В полностью ионизованной плазме нейтральных атомов нет.
- **Свойства плазмы.** Плазма обладает рядом специфических свойств, что позволяет рассматривать её как особое, четвёртое состояние вещества.
- Из-за большой подвижности заряженные частицы плазмы легко перемещаются под действием электрических и магнитных полей. Поэтому любое нарушение электрической нейтральности отдельных областей плазмы, вызванное скоплением частиц одного знака заряда, быстро ликвидируется.

Задачи

1. Проводящая сфера радиусом $R = 5$ см помещена в электролитическую ванну, наполненную раствором медного купороса. Насколько увеличится масса сферы, если отложение меди длится $t = 30$ мин, а электрический заряд, поступающий на каждый квадратный сантиметр поверхности сферы за 1 с, $q = 0,01$ Кл? Мо
2. При электролизе, длившемся в течение одного часа, сила тока была равна 5 А. Чему равна температура выделившегося атомарного водорода, если при давлении, равном 10^5 Па, его объём равен 1,5 л? Электрохимический эквивалент водорода лярная масса меди $M = 0,0635$ кг/моль.
3. При никелировании изделия в течение 1 ч отложился слой никеля толщиной $l = 0,01$ мм. Определите плотность тока, если молярная масса никеля $M = 0,0587$ кг/моль, валентность $n = 2$, плотность никеля $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Р е ш е н и я

1. Площадь поверхности сферы $S = 4\pi R^2 = 314 \text{ см}^2$.
Следовательно, заряд, перенесённый ионами за $t = 30 \text{ мин} = 1800 \text{ с}$, равен $\Delta q = qSt = 0,01 \text{ Кл}/(\text{см}^2 \cdot \text{с}) \cdot 314 \text{ см}^2 \cdot 1800 \text{ с} = 5652 \text{ Кл}$. Масса выделившейся меди равна: $m = \frac{M}{neN_A} \Delta q \approx 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$.

2. Из уравнения Менделеева—Клапейрона $\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$, где R — универсальная газовая постоянная, $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$; M — молярная масса атомарного водорода, определим массу водорода, полученного при электролизе:

$$m = \frac{pVM}{TR}. \quad \dots \quad (2)$$

Из выражений (1) и (2) определим температуру:

$$T = \frac{pVM}{RkIt} \approx 100 \text{ К}.$$

Р е ш е н и я

- 3 Р е ш е н и е. Согласно закону электролиза Фарадея масса выделившегося на катоде никеля

$$m = \frac{1}{F} \frac{M}{n} It, \quad (1)$$

где $m = \rho V = \rho lS$, а $I = jS$, где S — площадь покрытия никелем; F — постоянная Фарадея, $F = 9,65 \cdot 10^4 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$.
Подставив выражения для массы никеля и силы тока I в формулу (1), получим $\rho lS = \frac{1}{F} \frac{M}{n} jSt$, откуда $j = \frac{\rho lFn}{Mt} \approx 81 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$.

Задачи для самостоятельного решения

- 1. Однородное электрическое поле напряжённостью E создано в металле и в вакууме. Одинаковое ли расстояние пройдёт за одно и то же время электрон в том и другом случаях? Начальная скорость электрона равна нулю.
- 2. Длинная проволока, на концах которой поддерживается постоянное напряжение, накалилась докрасна. Половину проволоки опустили в холодную воду. Почему часть проволоки, оставшаяся над водой, нагревается сильнее?
- 3. Спираль электрической плитки перегорела и после соединения концов оказалась несколько короче. Как изменилось количество теплоты, выделяемой плиткой за единицу времени?
- 4. Алюминиевая обмотка электромагнита при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ потребляет мощность 5 кВт . Чему будет равна потребляемая мощность, если во время работы температура обмотки повысится до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, а напряжение останется неизменным? Что будет, если неизменной останется сила тока в обмотке? Температурный коэффициент сопротивления алюминия $3,8 \cdot 10^{-3}\text{ К}^{-1}$.
- 5. Концентрация электронов проводимости в кремнии при комнатной температуре $n_1 = 10^{17}\text{ м}^{-3}$, а при $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $n_2 = 10^{24}\text{ м}^{-3}$. Какую часть составляет число электронов проводимости от общего числа атомов кремния? Плотность кремния 2300 кг/м^3 .

Тест.