

# Электрический ток в различных средах



# Вещества

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

## Электрические свойства веществ

### Проводники

### Полупроводники

### Диэлектрики

Хорошо проводят электрический ток

К ним относятся металлы, электролиты, плазма ...

Наиболее используемые проводники – **Au, Ag, Cu, Al, Fe** ...

Занимают по проводимости **промежуточное положение** между проводниками и диэлектриками

**Si, Ge, Se, In, As**

Практически не проводят электрический ток

К ним относятся пластмассы, резина, стекло, фарфор, сухое дерево, бумага ...

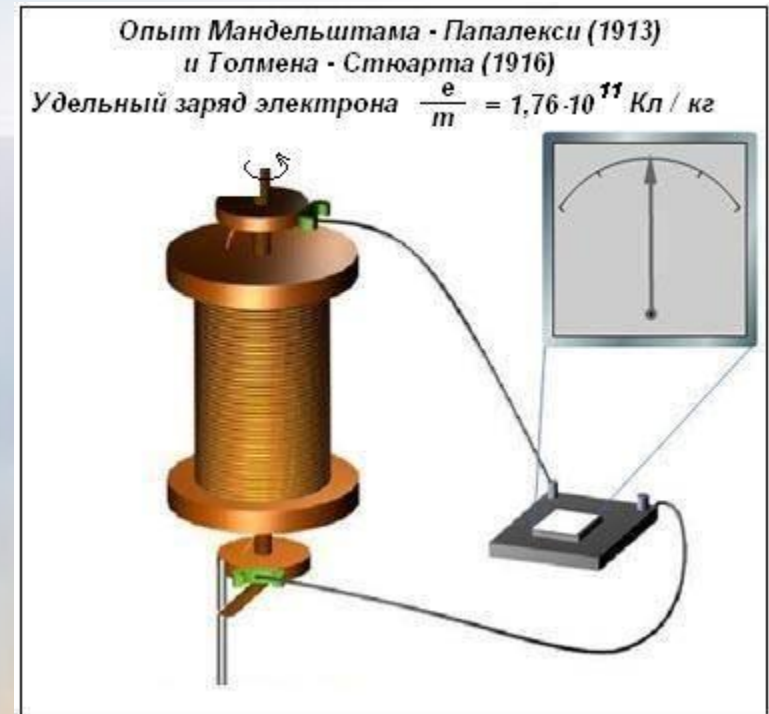


# Электрический ток в металлах



## Опыт Папалекси-Мандельштама

- **Цель:** выяснить какова проводимость металлов.
- **Установка:** катушка на стержне со скользящими контактами, присоединены к гальванометру.
- **Ход эксперимента:** катушка раскручивалась с большой скоростью, затем резко останавливалась, при этом наблюдался отброс стрелки гальванометра.
- **Вывод:** проводимость металлов - электронная.



# Природа электрического тока в металлах

Электрический ток в металлических проводниках никаких изменений в этих проводниках, кроме их нагревания не вызывает.

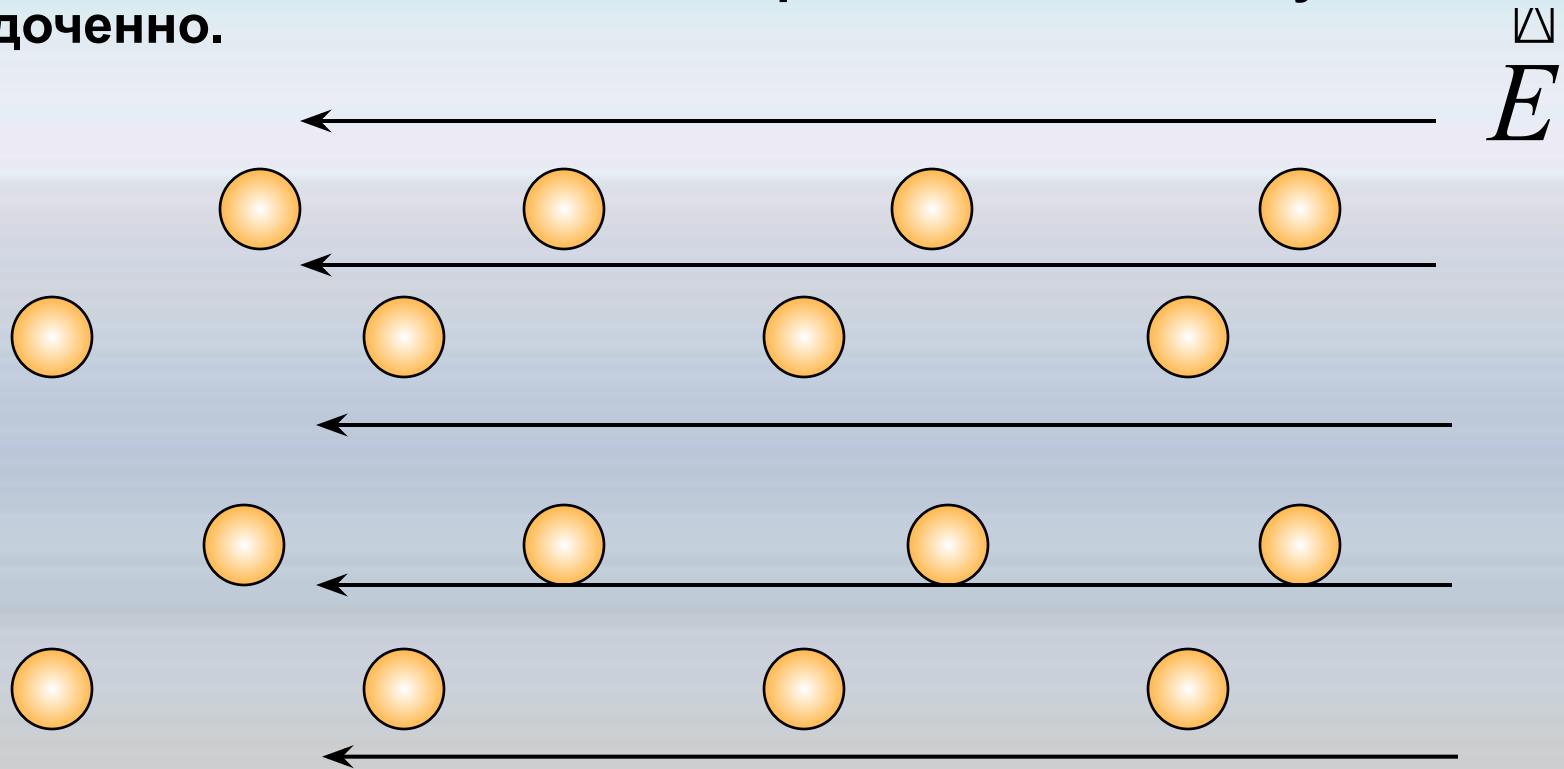
Концентрация электронов проводимости в металле очень велика: по порядку величины она равна числу атомов в единице объёма металла. Электроны в металлах находятся в непрерывном движении. Их беспорядочное движение напоминает движение молекул идеального газа.

Это дало основание считать, что электроны в металлах образуют своеобразный **электронный газ**.



# Электрический ток в металлах

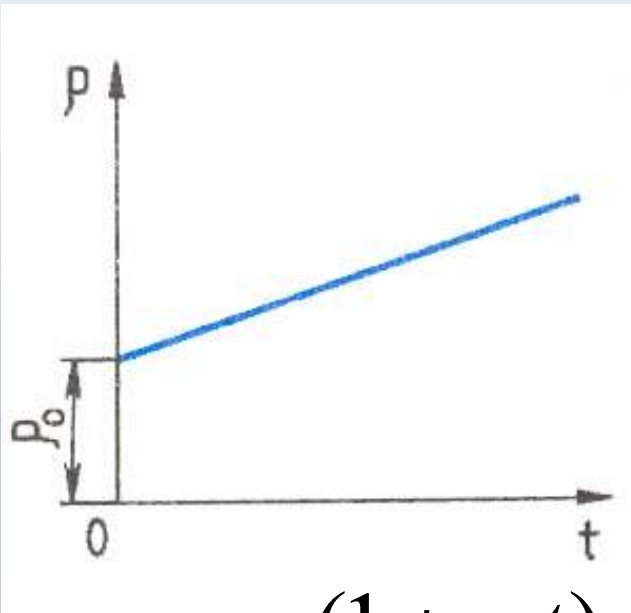
Электрическое поле сообщает им ускорение в направлении, противоположном направлению вектора напряженности поля. Поэтому в электрическом поле беспорядочно движущиеся электроны смещаются в одном направлении, т.е. движутся упорядоченно.



Когда говорят о скорости распространения эл.тока в проводнике,то имеют в виду скорость распространения электр.поля (300000км/с)



# Зависимость сопротивления проводника от температуры



$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)$$

$$\alpha = \frac{1}{273} K^{-1}$$

- При повышении температуры удельное сопротивление проводника возрастает.
- $\alpha$ -температурный коэффициент сопротивления
- Используется в термометрах сопротивления (соед. с предметом, у котор. измер. температура - в печи, провода - в цепь, измеряя сопротивление, оценив. темпер.) Пределы от -200 до +600 град.



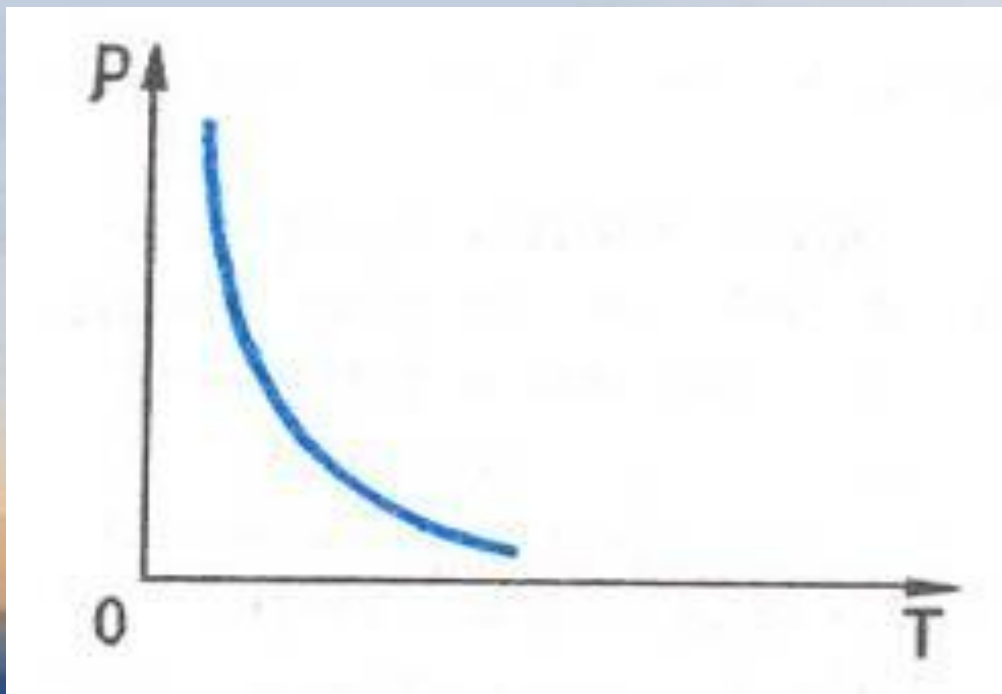
# Электрический ток в полупроводниках





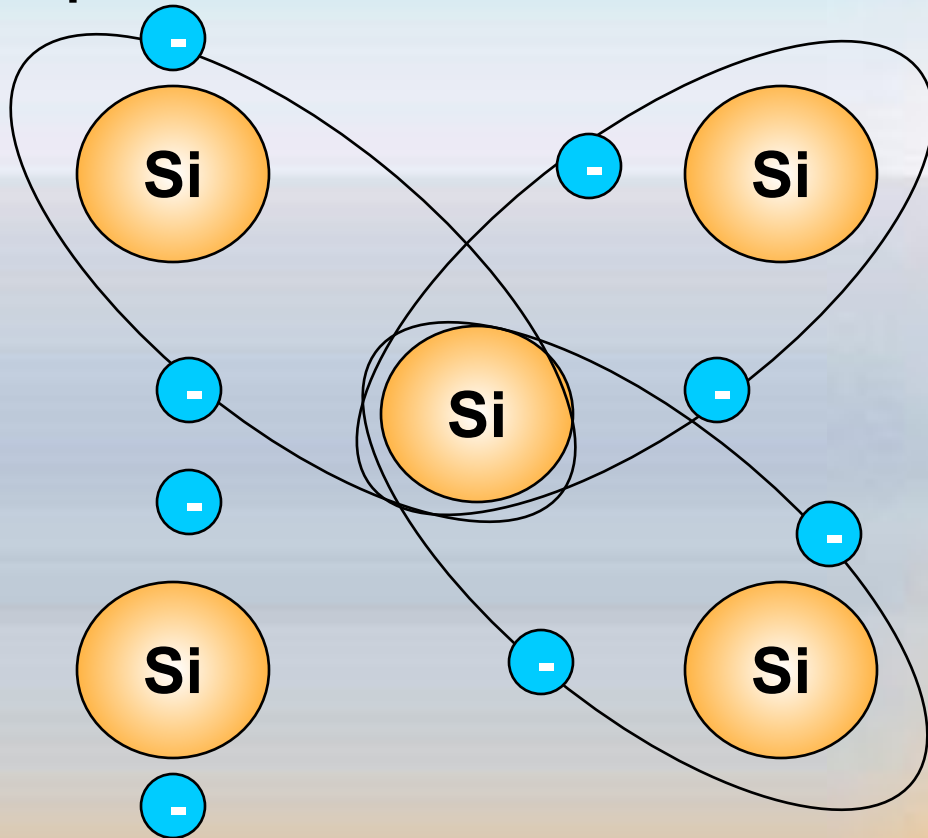
# Полупроводники

**Полупроводники** – вещества у которых удельное сопротивление с повышением температуры уменьшается



## Собственная проводимость полупроводников

- Рассмотрим проводимость полупроводников на основе кремния Si



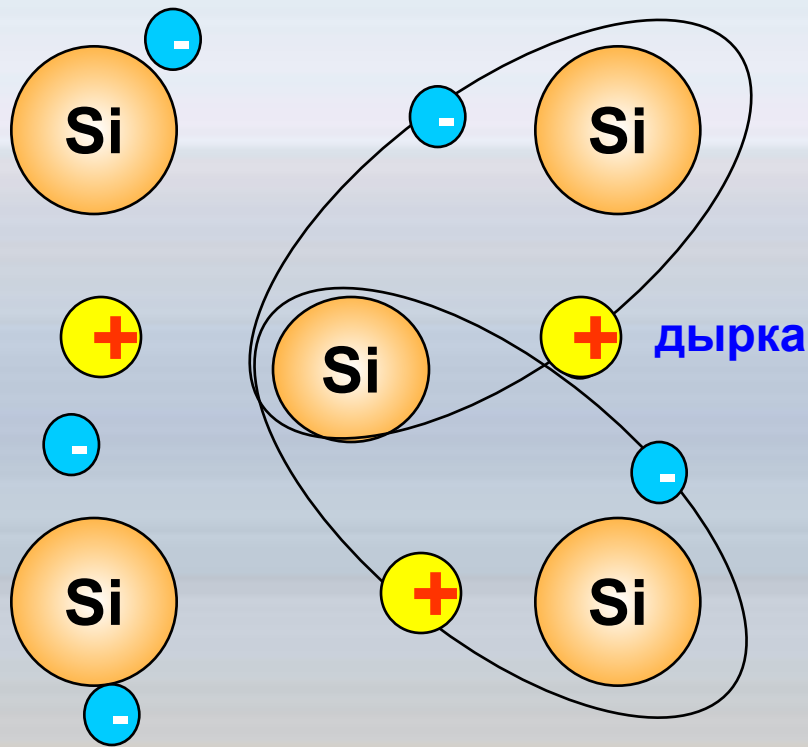
Кремний – 4 валентный химический элемент. Каждый атом имеет во внешнем электронном слое по 4 электрона, которые используются для образования парноэлектронных (ковалентных) связей с 4 соседними атомами

При обычных условиях (невысоких температурах) в полупроводниках отсутствуют свободные заряженные частицы, поэтому полупроводник не проводит электрический ток



# Электрический ток в полупроводниках

Рассмотрим изменения в полупроводнике при увеличении температуры



свободный  
электрон

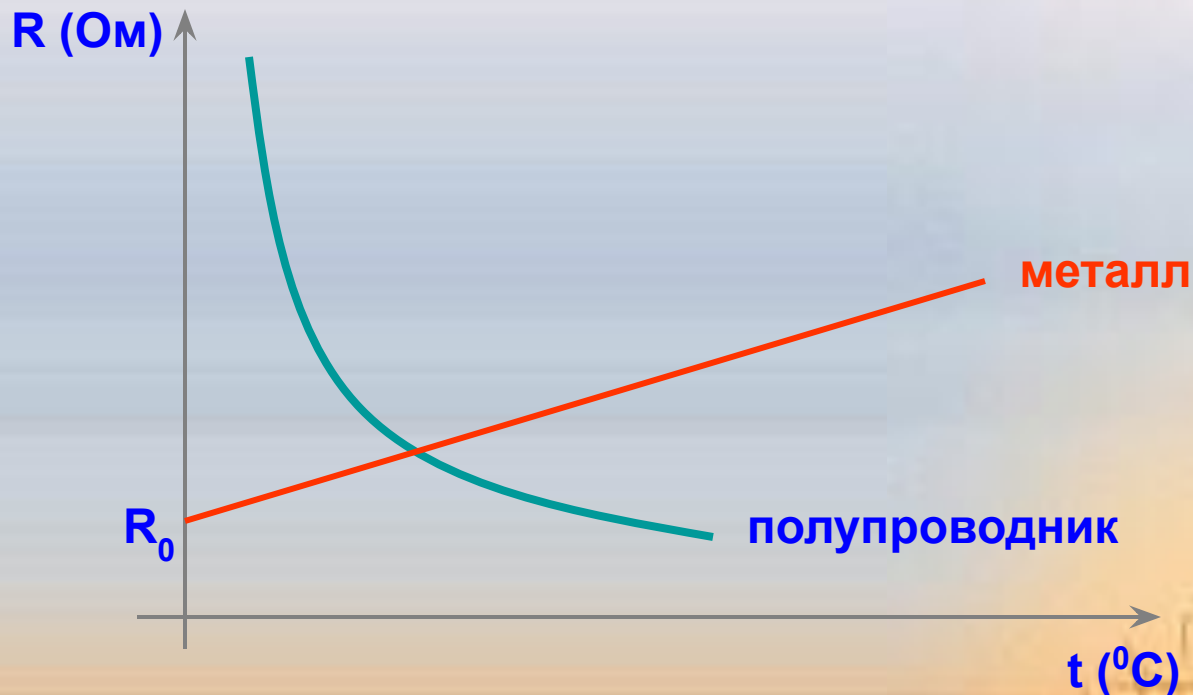
При увеличении температуры энергия электронов увеличивается и некоторые из них покидают связи, становясь **свободными электронами**. На их месте остаются некомпенсированные электрические заряды (виртуальные заряженные частицы), называемые **дырками**.



# Электрический ток в полупроводниках

Таким образом, **электрический ток в полупроводниках** представляет собой упорядоченное движение **свободных электронов** и положительных виртуальных частиц - **дырок**

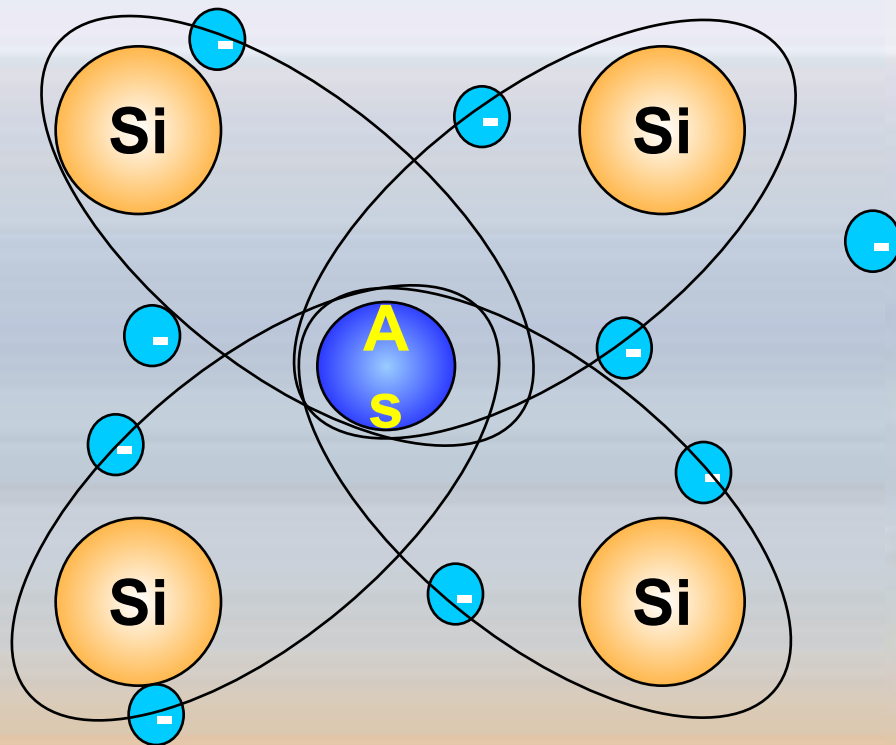
## Зависимость сопротивления от температуры



При **увеличении температуры** растет число свободных носителей заряда, **проводимость полупроводников растет**, сопротивление уменьшается.



Собственная проводимость полупроводников явно недостаточна для технического применения полупроводников. Поэтому для увеличения проводимости в чистые полупроводники внедряют примеси (легируют), которые бывают **донорные** и **акцепторные**



- **Донорные примеси**

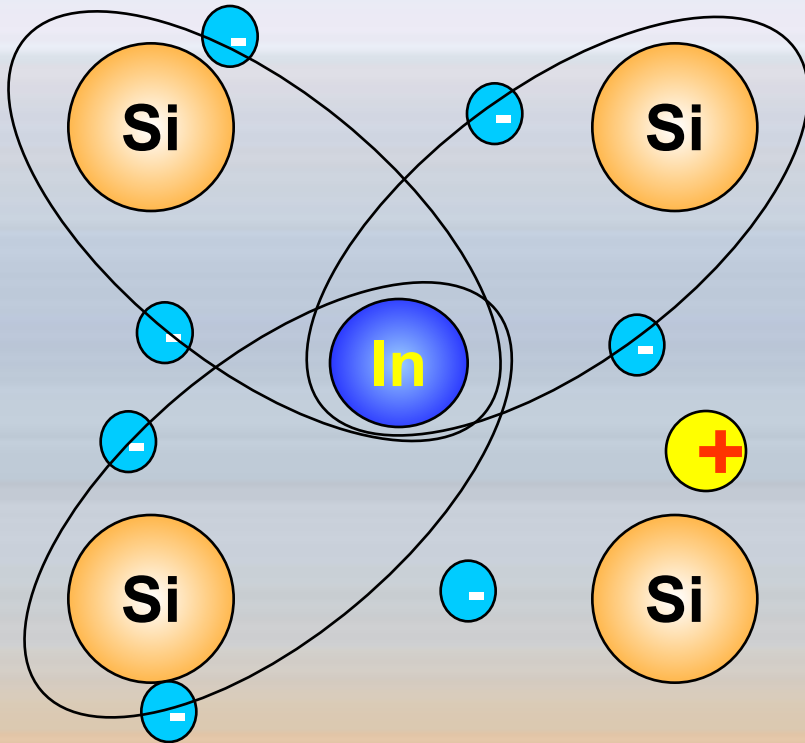
При легировании 4-валентного кремния Si 5-валентным мышьяком As, один из 5 электронов мышьяка становится свободным. As – положительный ион. Дырки нет!

Такой полупроводник называется полупроводником **n – типа**, **основными носителями** заряда являются **электроны**, а примесь мышьяка, дающая свободные электроны, называется **донорной**.



## Акцепторные примеси

Если кремний легировать трехвалентным индием, то для образования связей с кремнием у индия не хватает одного электрона, т.е. образуется дырка



Основа дает электроны и дырки в равном количестве. Примесь – только дырки.

Такой полупроводник называется полупроводником **p – типа**, основными носителями заряда являются **дырки**, а примесь индия, дающая дырки, называется **акцепторной**



# Электрический ток в жидкостях

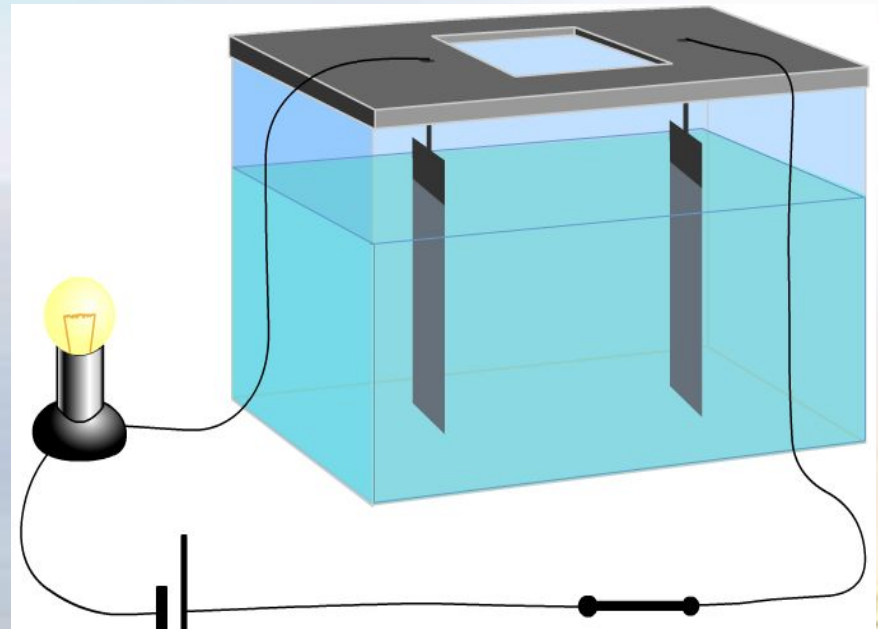


- ***Жидкости-изоляторы, проводники, полупроводники***
- ***Проводимость-электронная, ионная***



# Электрический ток в жидкостях

Дистиллированная вода не проводит электрического тока. Опустим кристалл поваренной соли в дистиллированную воду и, слегка перемешав воду, замкнем цепь. Мы обнаружим, что лампочка загорается.



При растворении соли в воде появляются свободные носители электрических зарядов.

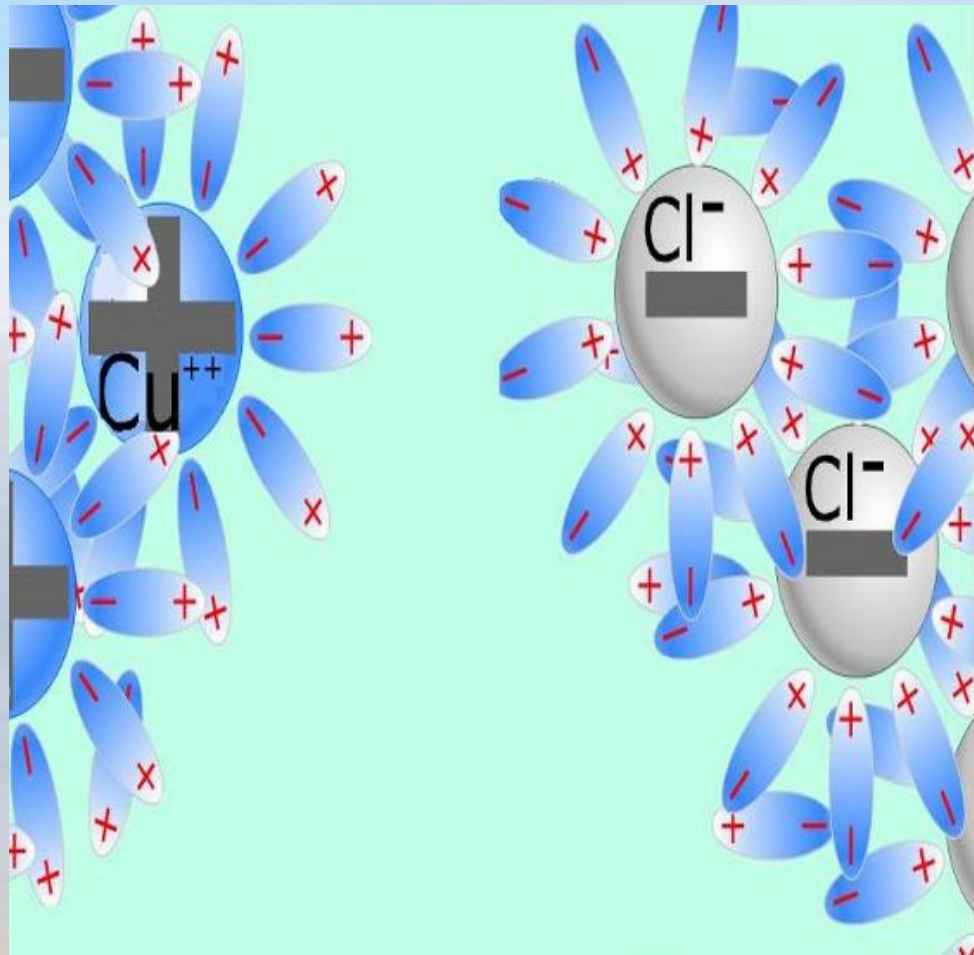


## **Электролитическая диссоциация –**

это распад молекул на ионы под действием растворителя.

Подвижными носителями зарядов в растворах являются только ионы.

Жидкий проводник, в котором подвижными носителями зарядов являются только ионы, называют **электролитом**.



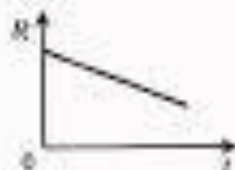
## Зависимость сопротивления электролита от температуры

Температурная зависимость сопротивления электролита объясняется в основном изменением удельного сопротивления.

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)$$

, где  $\alpha$  - температурный коэффициент сопротивления.

Для электролита всегда  $\alpha < 0$  поэтому



Сопротивление электролита можно рассчитать по формуле:

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

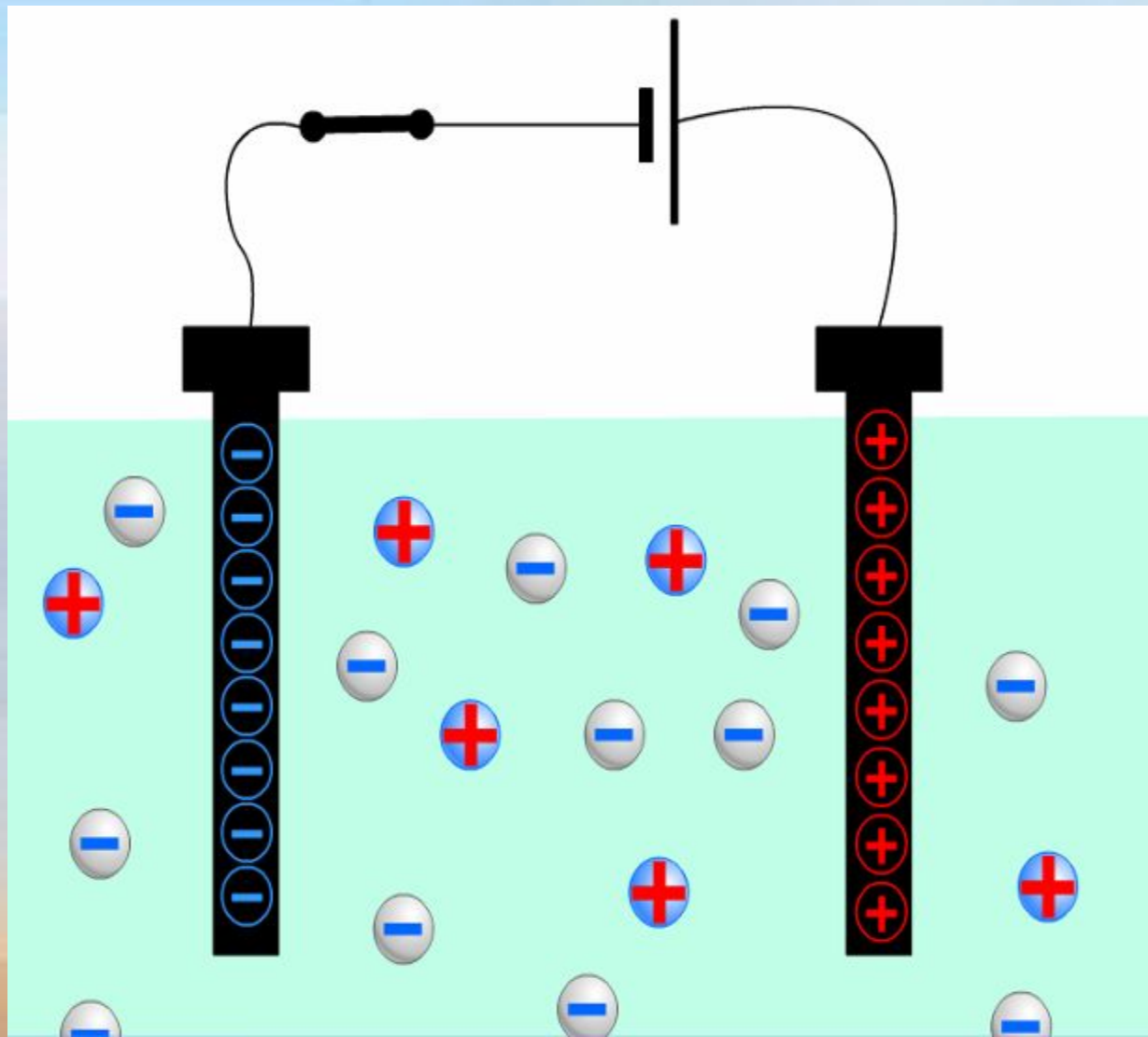
# Электрический ток в жидкостях

## Как проходит ток через электролит?

Опустим в сосуд пластины и соединим их с источником тока. Эти пластины называются электродами.

**Катод** - пластина, соединенная с отрицательным полюсом источника.

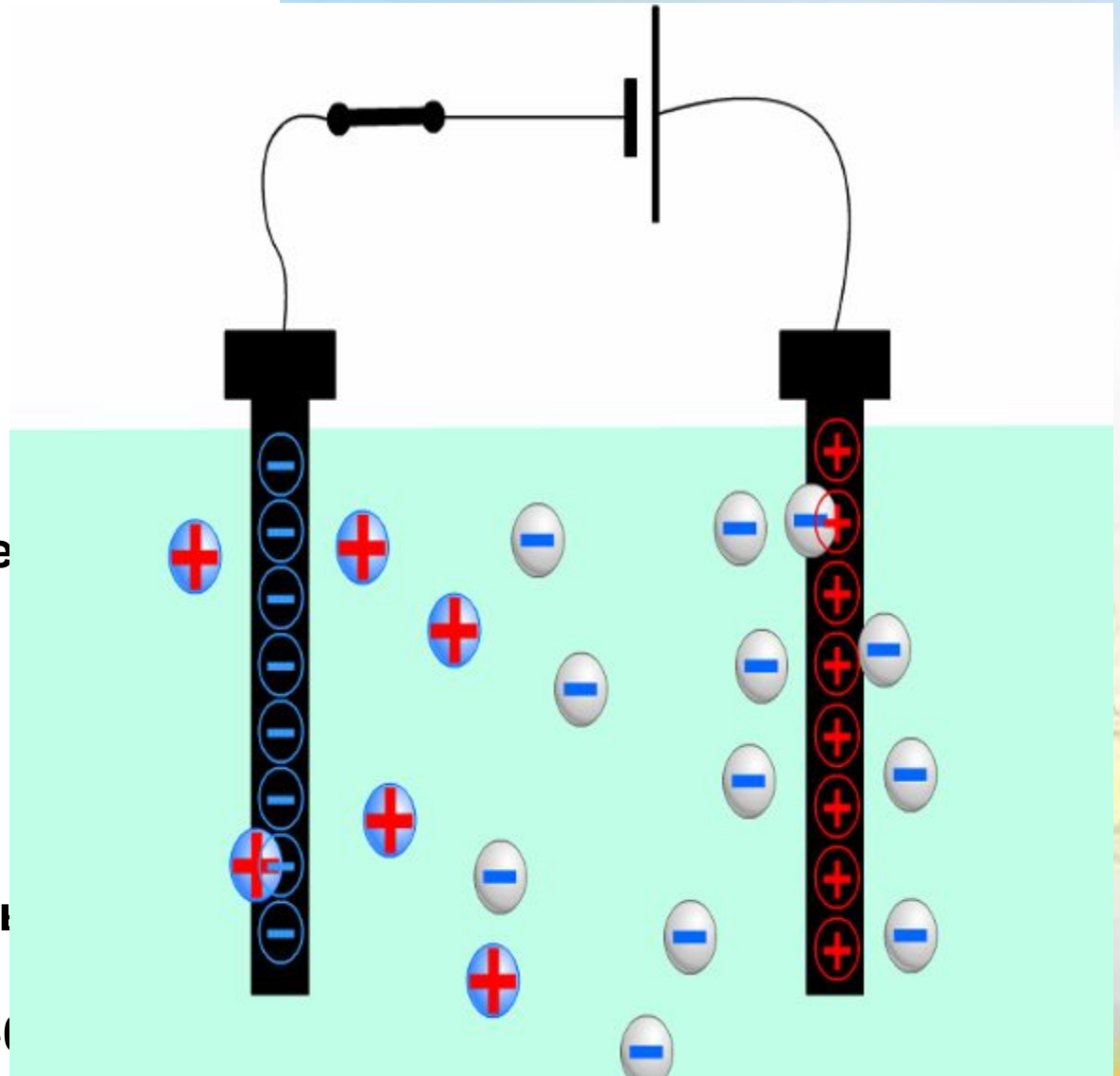
**Анод** - пластина, соединенная с положительным полюсом источника.



# Электрический ток в жидкостях

Под действием сил электрического поля положительно заряженные ионы движутся к катоду (катионы), а отрицательные ионы к аноду (анионы).

На аноде отрицательные ионы отдают свои лишние электроны (окисление), а на катоде положительные ионы получают недостающие электроны (восстановление).

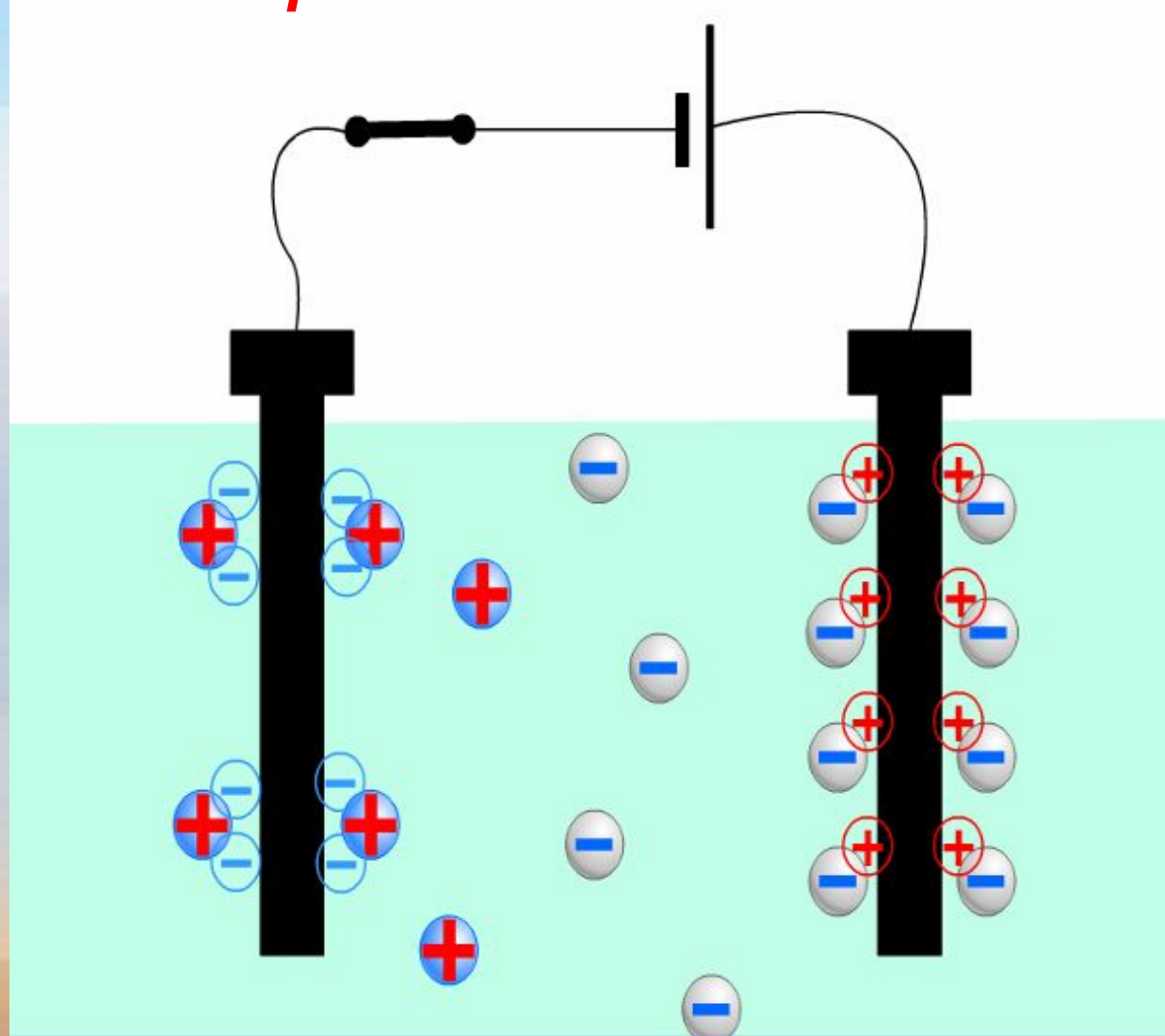


## Электролиз

На катоде и аноде выделяются вещества, входящие в состав раствора электролита.

Прохождение электрического тока через раствор электролита, сопровождающееся химическими превращениями вещества и выделением его на электродах, называется

**электролизом.**



## Закон электролиза

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

$$m = kQ = kIt.$$

Это *закон электролиза*.

Величину  $k$  называют *электрохимическим эквивалентом*.

Опыты Фарадея показали, что масса выделившегося при электролизе вещества зависит не только от величины заряда, но и от рода вещества.

$$k = \frac{M}{N_a e n}$$

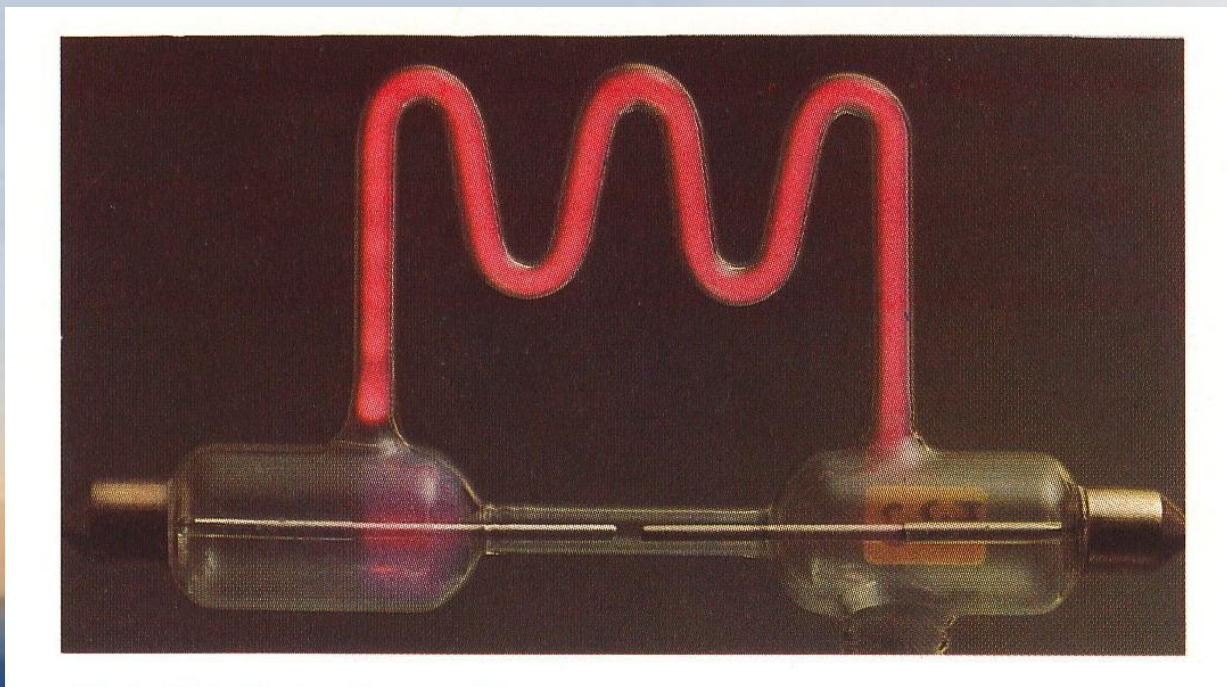


# *Применение электролиза*

- Получение чистых металлов
- Покрытие равномерным слоем (никелирование, хромирование, золочение, антикоррозийные)- гальваностегия
- Гальванопластика-получение копий с рельефных поверхностей



# Электрический ток в газах



## Электрический ток в газах

Газы в нормальном состоянии являются диэлектриками, так как состоят из электрически нейтральных атомов и молекул и поэтому не проводят электричества. Изолирующие свойства газов объясняются тем, что атомы и молекулы газов в естественном состоянии являются нейтральными незаряженными частицами. Отсюда ясно, что для того, чтобы сделать газ проводящим, нужно тем или иным способом внести в него или создать в нем свободные носители заряда – заряженные частицы. При этом возможны два случая: либо эти заряженные частицы создаются действием какого-нибудь внешнего фактора или вводятся в газ извне – **несамостоятельная проводимость**, либо они создаются в газе действием самого электрического поля, существующего между электродами – **самостоятельная проводимость**.



# Электрический ток в газах

- Проводниками могут быть только ионизированные газы, в которых содержатся электроны, положительные и отрицательные ионы.
- **Ионизацией** называется процесс отделения электронов от атомов и молекул. Ионизация возникает под действием высоких температур и различных излучений (рентгеновских, радиоактивных, ультрафиолетовых, космических лучей), вследствие столкновения быстрых частиц или атомов с атомами и молекулами газов. Образовавшиеся электроны и ионы делают газ проводником электричества.
- **Процессы ионизации:**
  - **электронный удар**
  - **термическая ионизация**
  - **фотоионизация**



# ***Типы самостоятельных разрядов***

**В зависимости от процессов образования ионов в разряде при различных давлениях газа и напряжениях, приложенных к электродам, различают несколько типов самостоятельных разрядов:**

- *тлеющий*
- *искровой*
- *коронный*
- *дуговой*



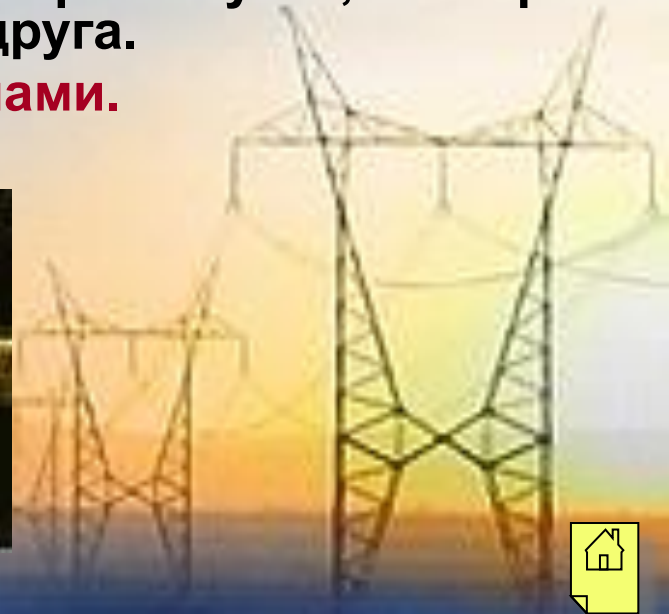
## Тлеющий разряд

- Тлеющий разряд возникает при низких давлениях (в вакуумных трубках). Для разряда характерна большая напряженность электрического поля и соответствующее ей большое падение потенциала вблизи катода.
- Его можно наблюдать в стеклянной трубке с впаянными у концов плоскими металлическими электродами.
- Вблизи катода располагается тонкий светящийся слой, называемый катодной светящейся пленкой



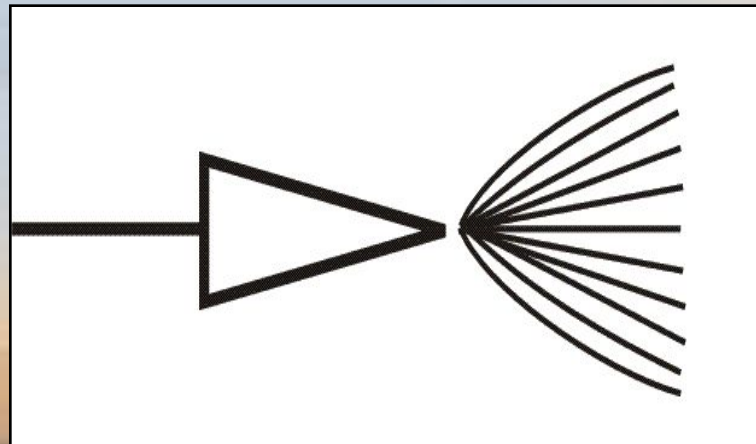
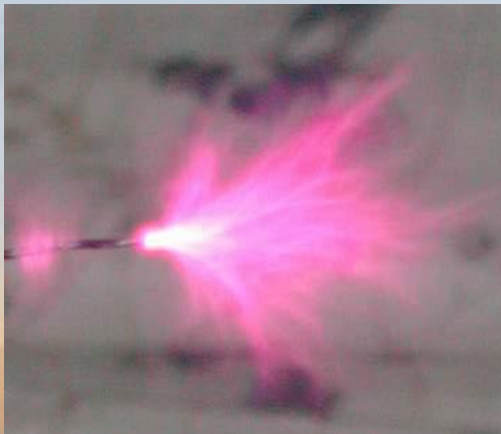
## Искровой разряд

- Искровой разряд – соединяющий электроды и имеющий вид тонкого изогнутого светящегося канала (стримера) с множеством разветвлений. **Искровой разряд возникает в газе обычно при давлениях порядка атмосферного  $P_{ат}$ .**
- По внешнему виду искровой разряд представляет собой пучок ярких зигзагообразных разветвляющихся тонких полос, мгновенно пронизывающих разрядный промежуток, быстро гаснущих и постоянно сменяющих друг друга.
- Эти полосы называют **искровыми каналами**.



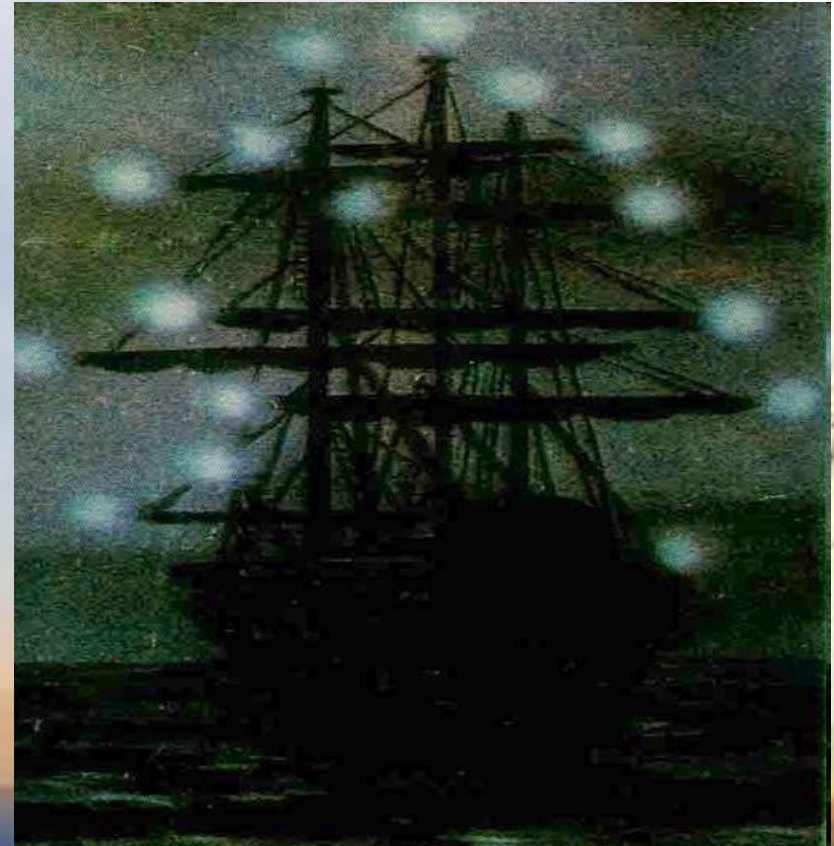
## *Коронный разряд*

- Коронный разряд наблюдается при давлении близком к атмосферному в сильно неоднородном электрическом поле. Такое поле можно получить между двумя электродами, поверхность одного из которых обладает большой кривизной (тонкая проволоочка, острие).
- Газ светится, образуя «корону», окружающую электрод.
- Коронные разряды являются источниками радиопомех и вредных токов утечки около высоковольтных линий передач (основной источник потерь).



# Электрический ток в газах

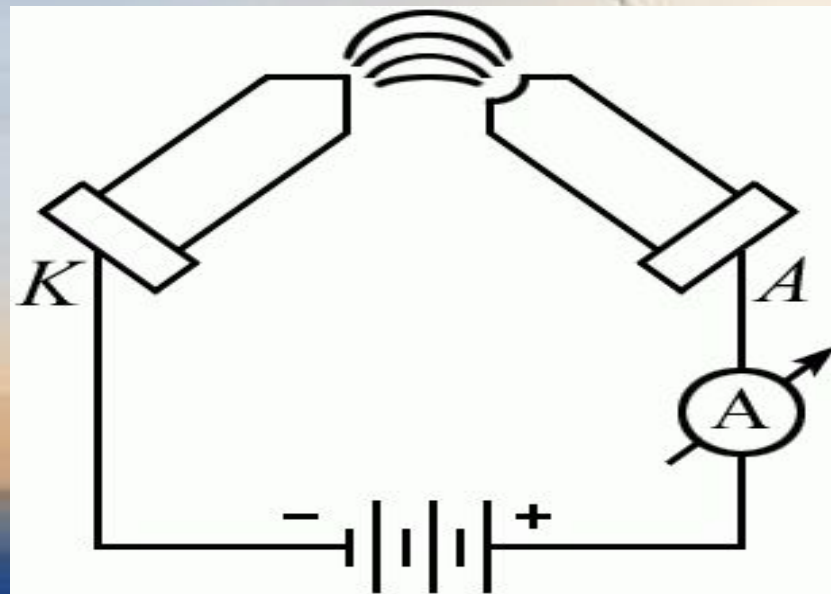
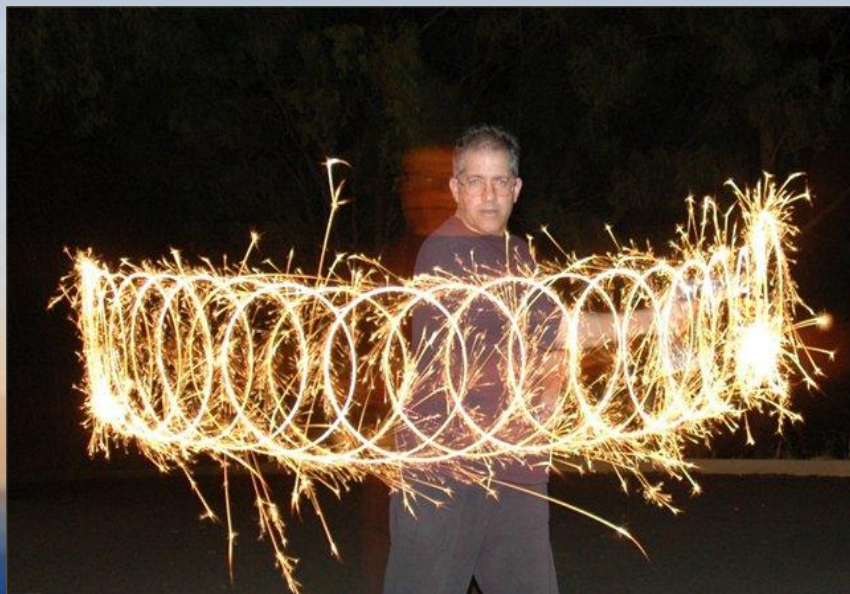
В некоторых случаях коронный разряд с громоотвода бывает настолько сильным, что у острия возникает явно видимое свечение. Такое свечение иногда появляется и возле других заостренных предметов, например, на концах корабельных мачт, острых верхушек деревьев, и т.д. Это явление было замечено еще несколько веков тому назад и вызывало суеверный ужас мореплавателей, не понимавших истинной его сущности ( «Огни святого Эльма» )





## Дуговой разряд

- Если после получения искрового разряда от мощного источника постепенно уменьшать расстояние между электродами, то разряд из прерывистого становится непрерывным возникает новая форма газового разряда, называемая *дуговым разрядом*.
- $P_{ат}$
- $U=50-100 \text{ В}$
- $I = 100 \text{ А}$



# Электрический ток в вакууме



## Вакуум

**Вакуум** - сильно разреженный газ, в котором средняя длина свободного пробега частицы больше размера сосуда. В результате в вакууме нет свободных носителей заряда, и самостоятельный разряд не возникает. Для создания носителей заряда в вакууме используют явление **термоэлектронной эмиссии**.



# Термоэлектронная эмиссия

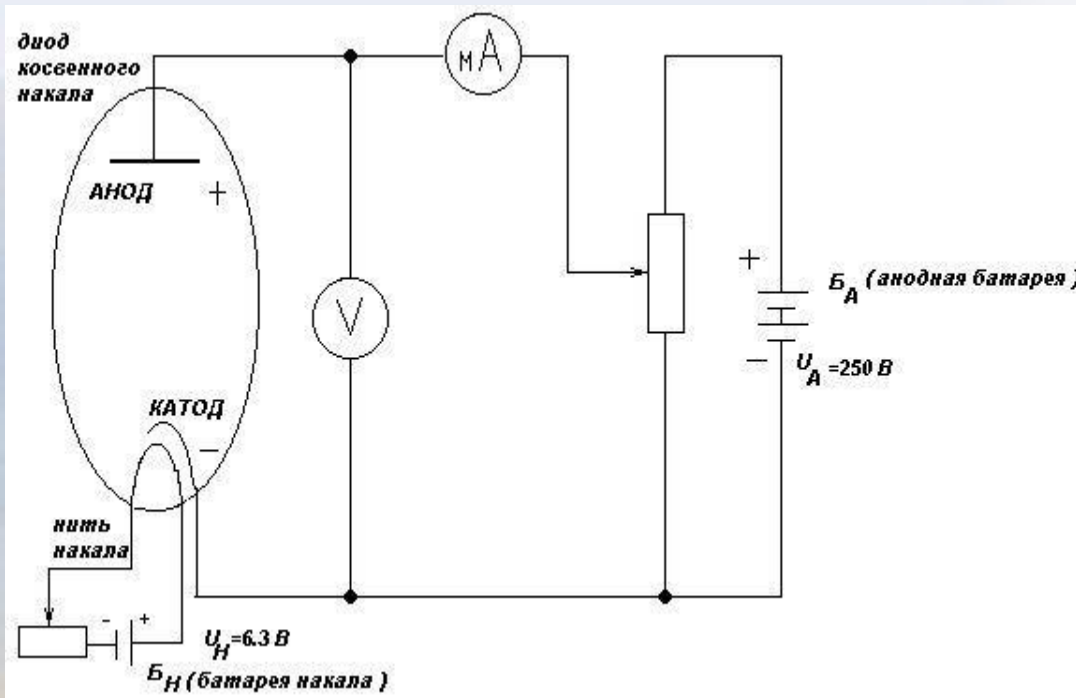
Если два электрода поместить в герметичный сосуд и удалить из сосуда воздух, то электрический ток в вакууме не возникает - нет носителей электрического тока.

Американский ученый Т. А. Эдисон (1847-1931) в 1879 г. обнаружил, что в вакуумной стеклянной колбе может возникнуть электрический ток, если один из находящихся в ней электродов нагреть до высокой температуры. Явление испускания свободных электронов с поверхности нагретых тел называется термоэлектронной эмиссией. (ТЭЭ)

На явлении термоэлектронной эмиссии основана работа различных **электронных ламп.**



# Вакуумный диод



Вакуумный диод обладает односторонней проводимостью.

Выпрямление тока

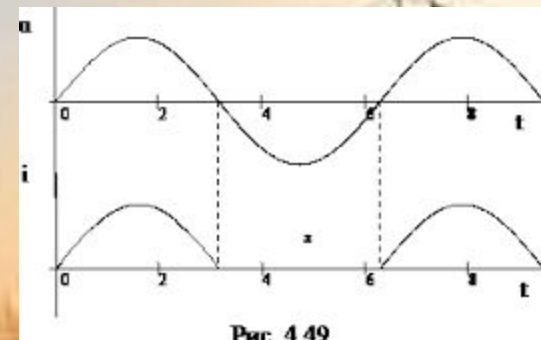
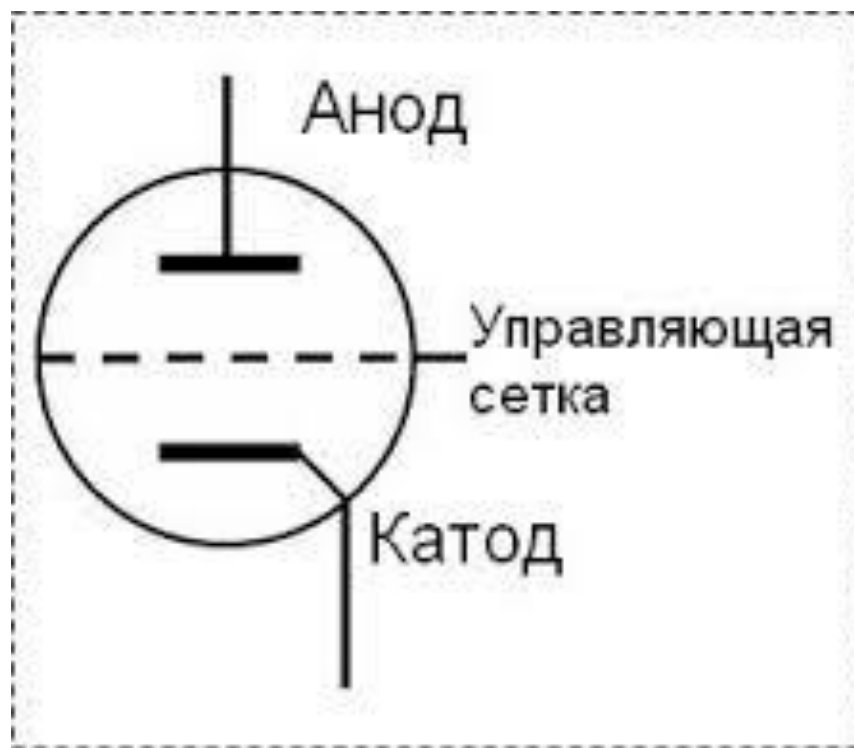


Рис. 4.49



# ***Вакуумный триод***



# ***ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУЧКИ***

- ***При попадании на тела их нагревают***
- ***При торможении эл.-рентгенов.изл.***
- ***Свечение веществ***
- ***Отклонение в эл. и магн. полях***

# ЭЛТ -телев., осциллограф, радар

