

Электрический ток

в различных средах



## Содержание:

- Вещества
- Электрический ток в металлах
- Электрический ток в полупроводниках
- Электрический ток в жидкостях
- Электрический ток в газах
- Электрический ток в вакууме



# Вещества

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

## Электрические свойства веществ

### Проводники

Хорошо проводят электрический ток

К ним относятся металлы, электролиты, плазма ...

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

### Полупроводники

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

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

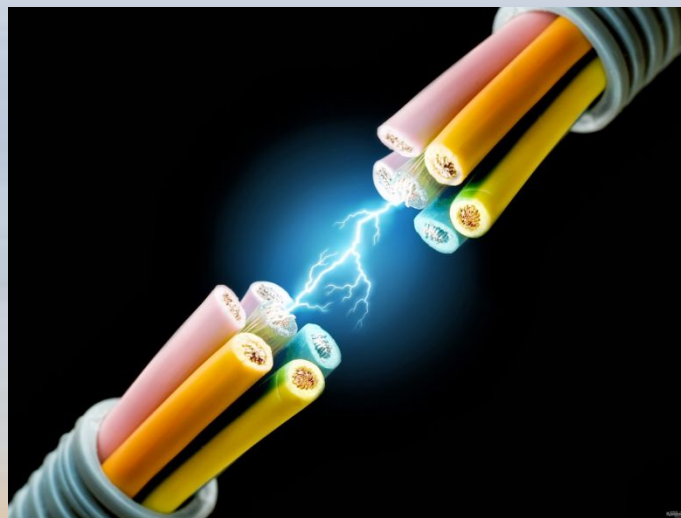
### Диэлектрики

Практически не проводят электрический ток

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



# Электрический ток в металлах



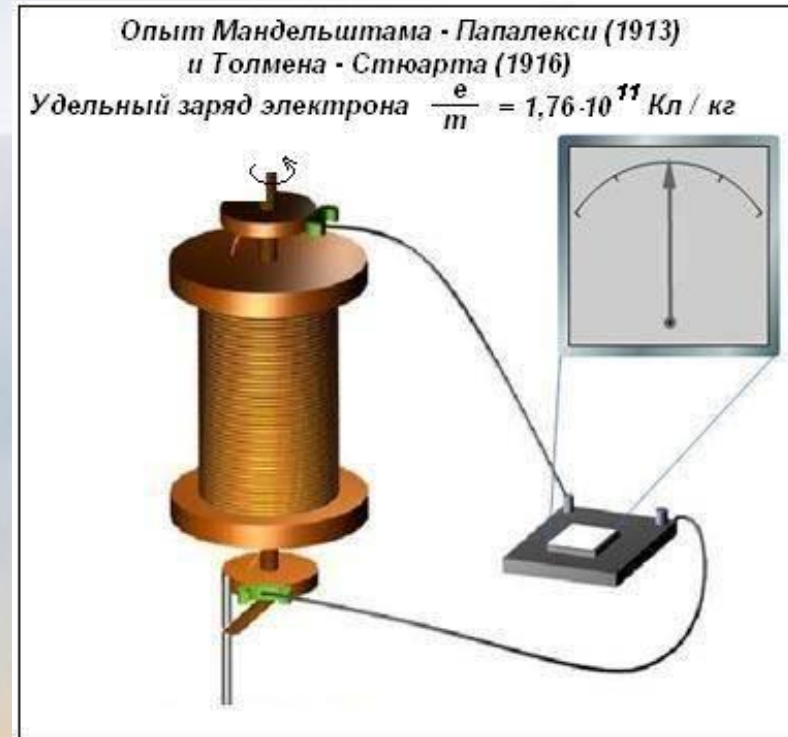
## Опыт Папалекси-Мандельштама

**Цель:** выяснить какова проводимость металлов.

**Установка:** катушка на стержне со скользящими контактами, присоединены к гальванометру.

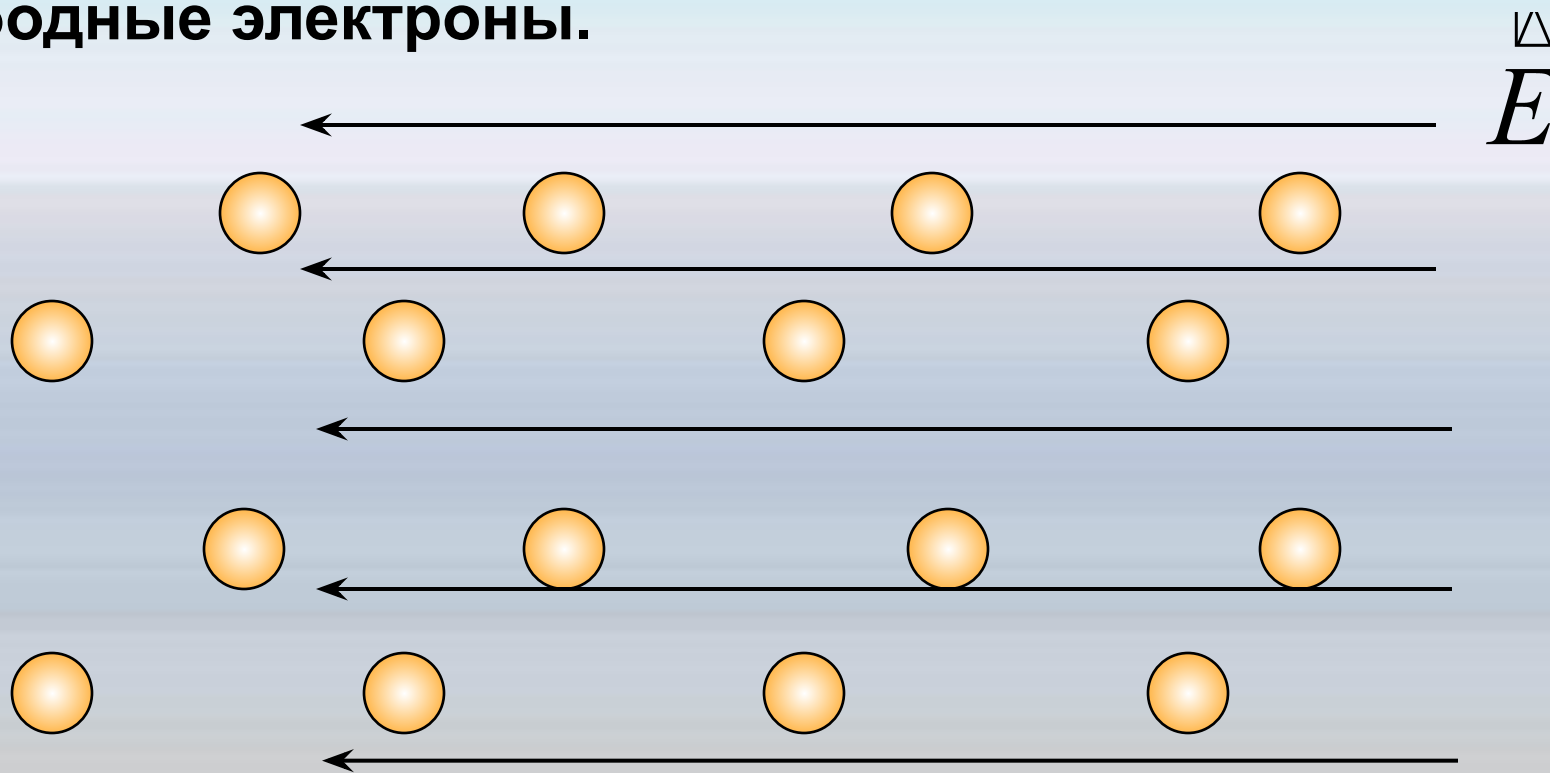
**Ход эксперимента:** катушка раскручивалась с большой скоростью, затем резко останавливалась, при этом наблюдался отброс стрелки гальванометра.

**Вывод:** носители заряда – отрицательные частицы, следовательно проводимость металлов - электронная.

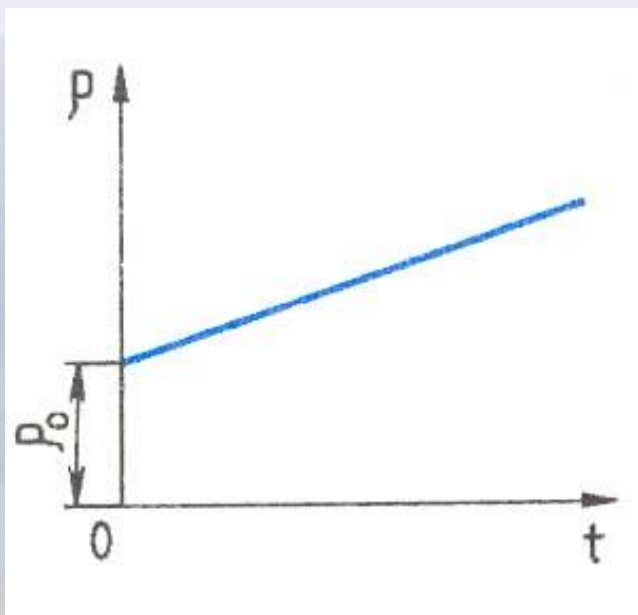


# Электрический ток в металлах

Металлы имеют кристаллическое строение.  
В узлах решетки расположены положительные ионы.  
В пространстве между ионами хаотично движутся свободные электроны.



# Зависимость сопротивления проводника от температуры

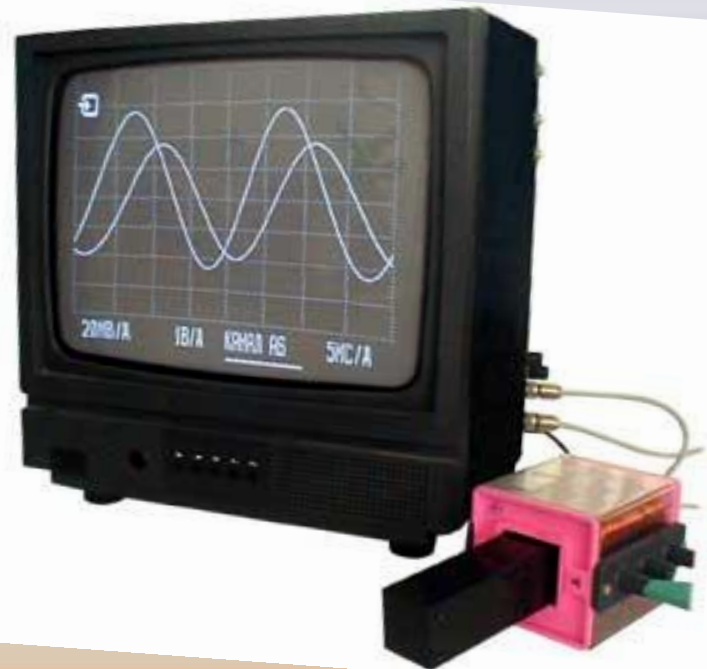


- при повышении температуры удельное сопротивление проводника возрастает
- коэффициент сопротивления равен относительному изменению сопротивления проводника при нагревании на 1К

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

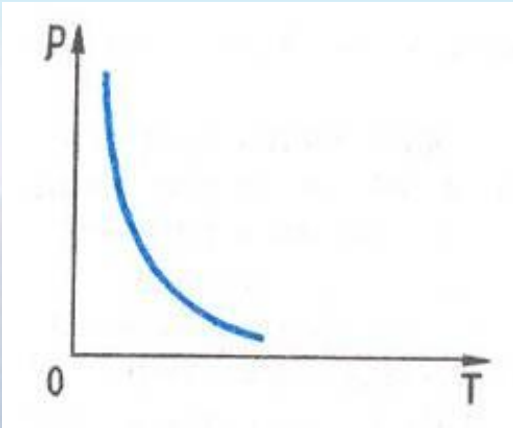


# Электрический ток в полупроводниках





# Полупроводники



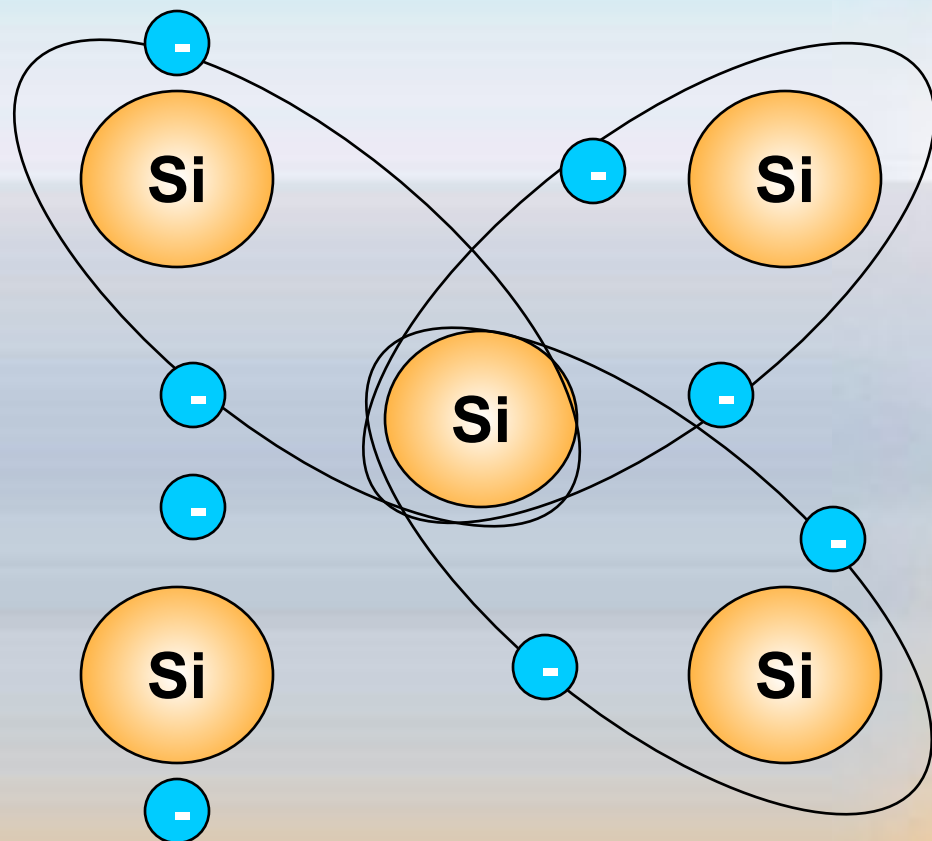
**вещества у которых  
удельное сопротивление с  
повышением температуры  
уменьшается**

- **Собственная проводимость полупроводников**
- **Примесная проводимость полупроводников**
- **$p - n$  переход и его свойства**



## Собственная проводимость полупроводников

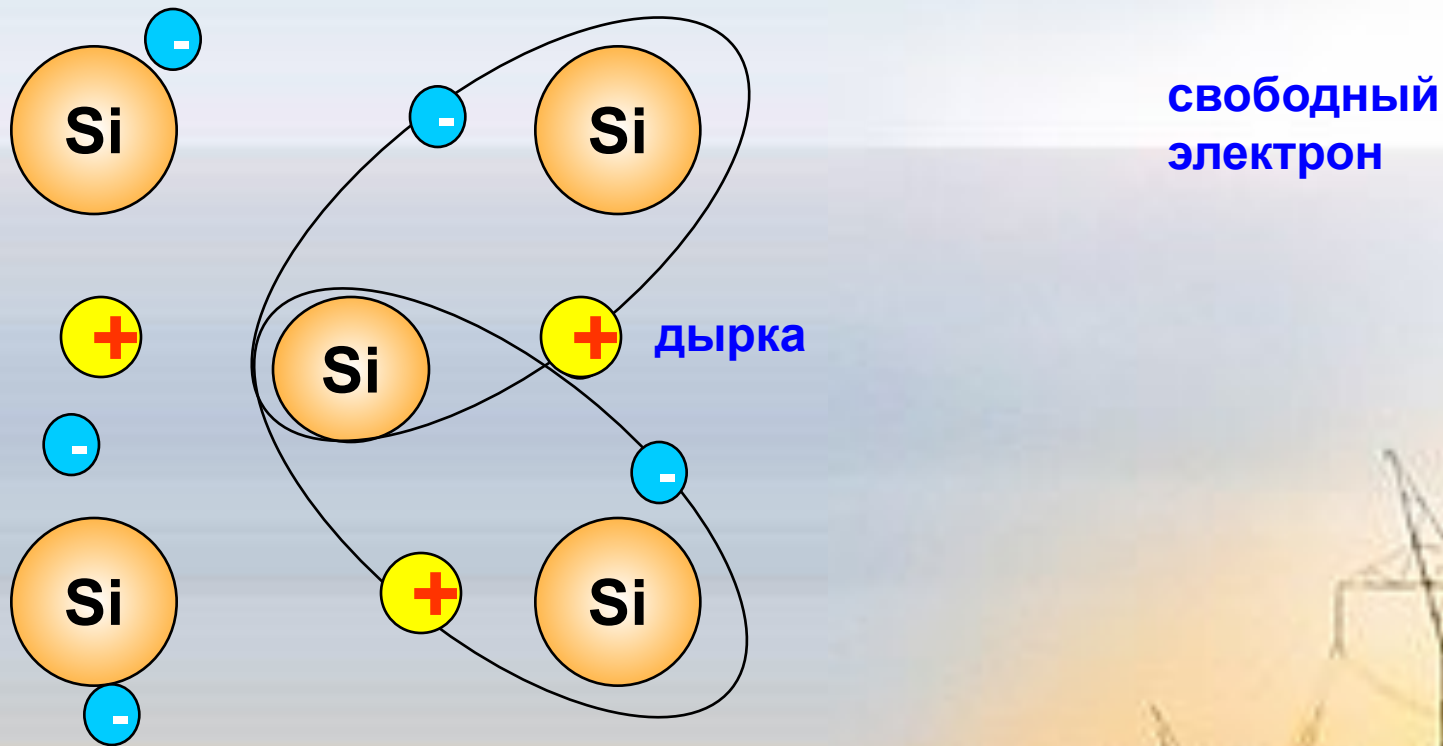
Кремний Si – 4 валентный химический элемент.



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



## Изменения в полупроводнике при увеличении температуры



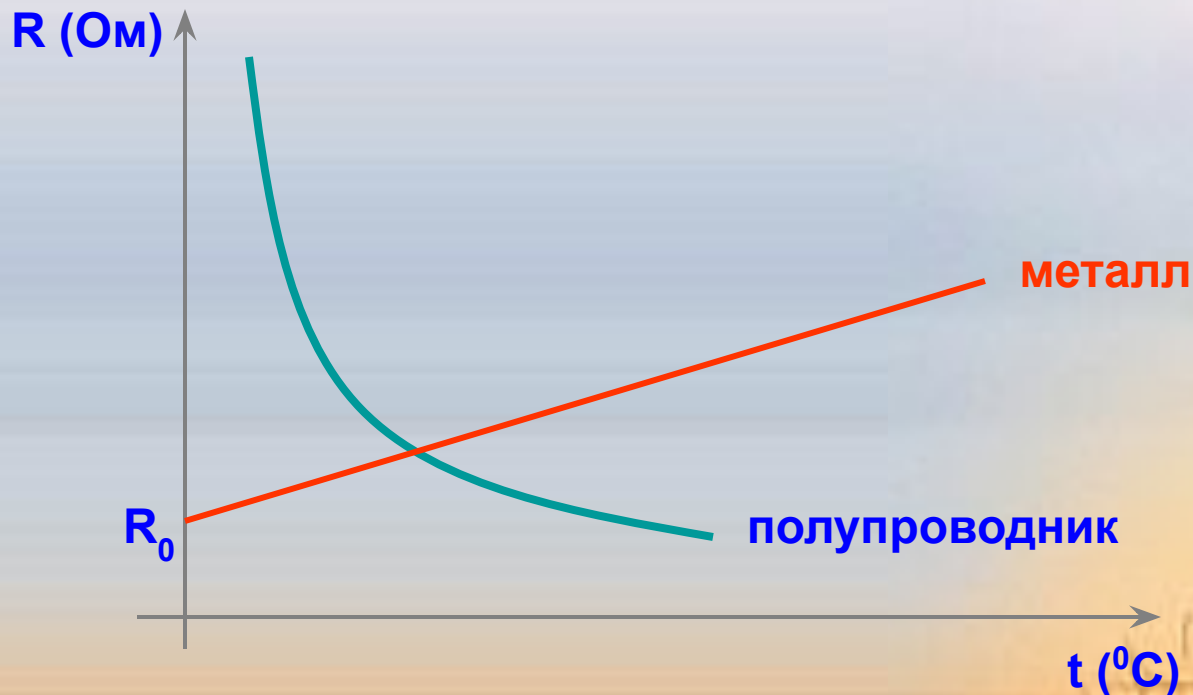
При увеличении температуры энергия электронов увеличивается и некоторые из них покидают связи, становясь **свободными электронами**. На их месте остаются некомпенсированные электрические заряды (виртуальные заряженные частицы), называемые **дырками**.



# Электрический ток в полупроводниках

Электрический ток в полупроводниках представляет собой упорядоченное движение свободных электронов и положительных виртуальных частиц - дырок

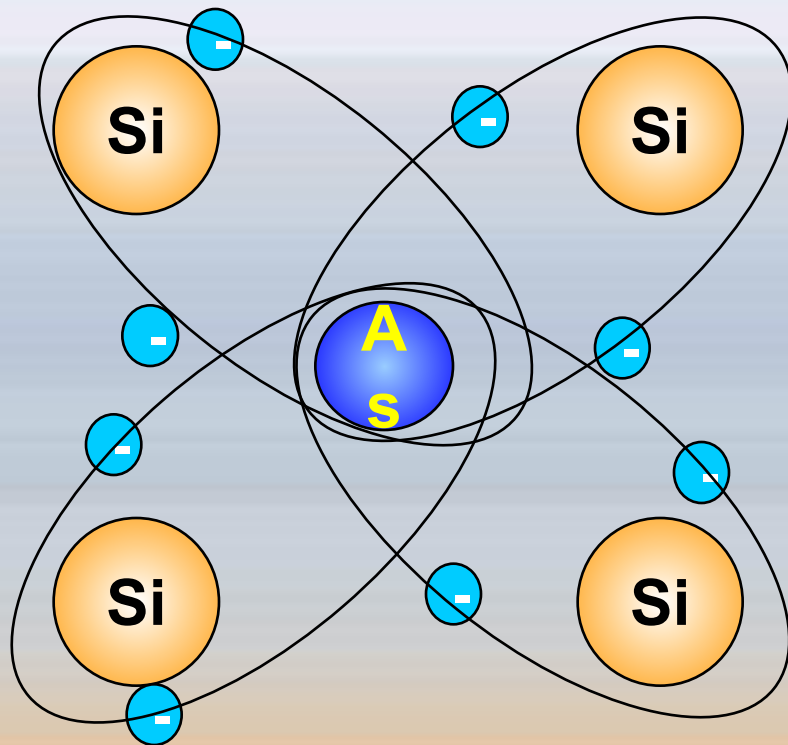
Зависимость сопротивления от температуры



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



## Донорные примеси



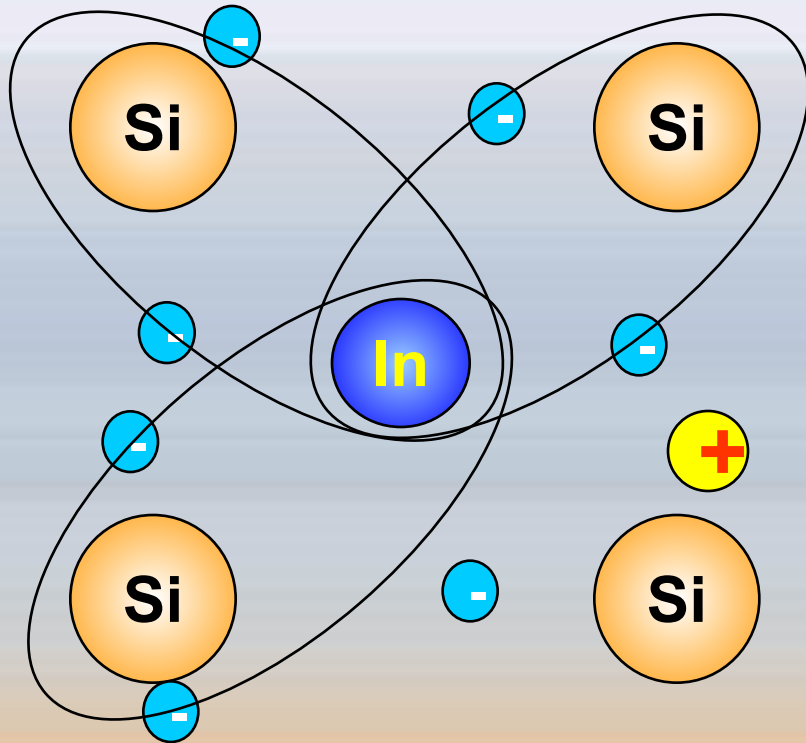
При легировании 4-валентного кремния Si 5-валентным мышьяком As, один из 5 электронов мышьяка становится свободным.

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



Основы 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**

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

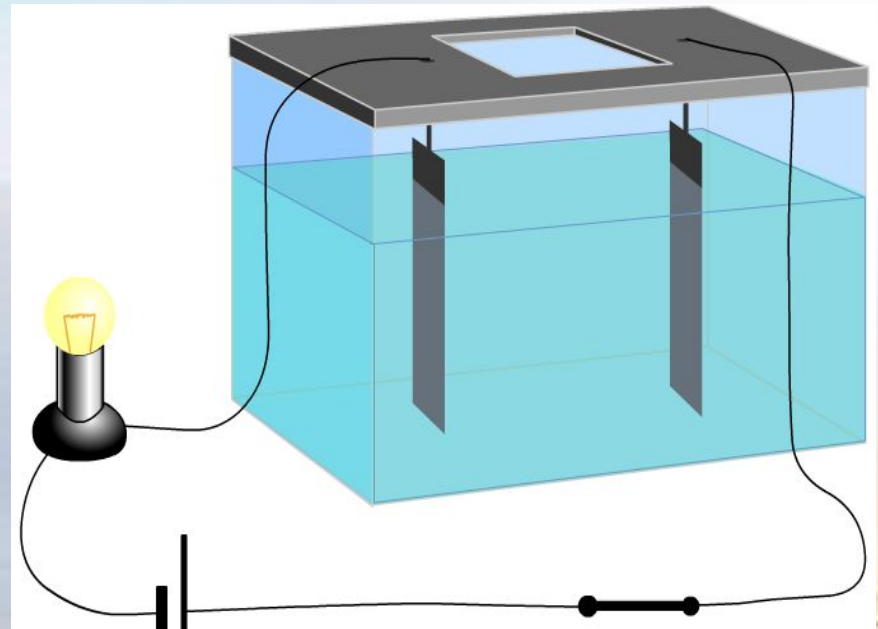


# Электрический ток в жидкостях



# Электрический ток в жидкостях

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



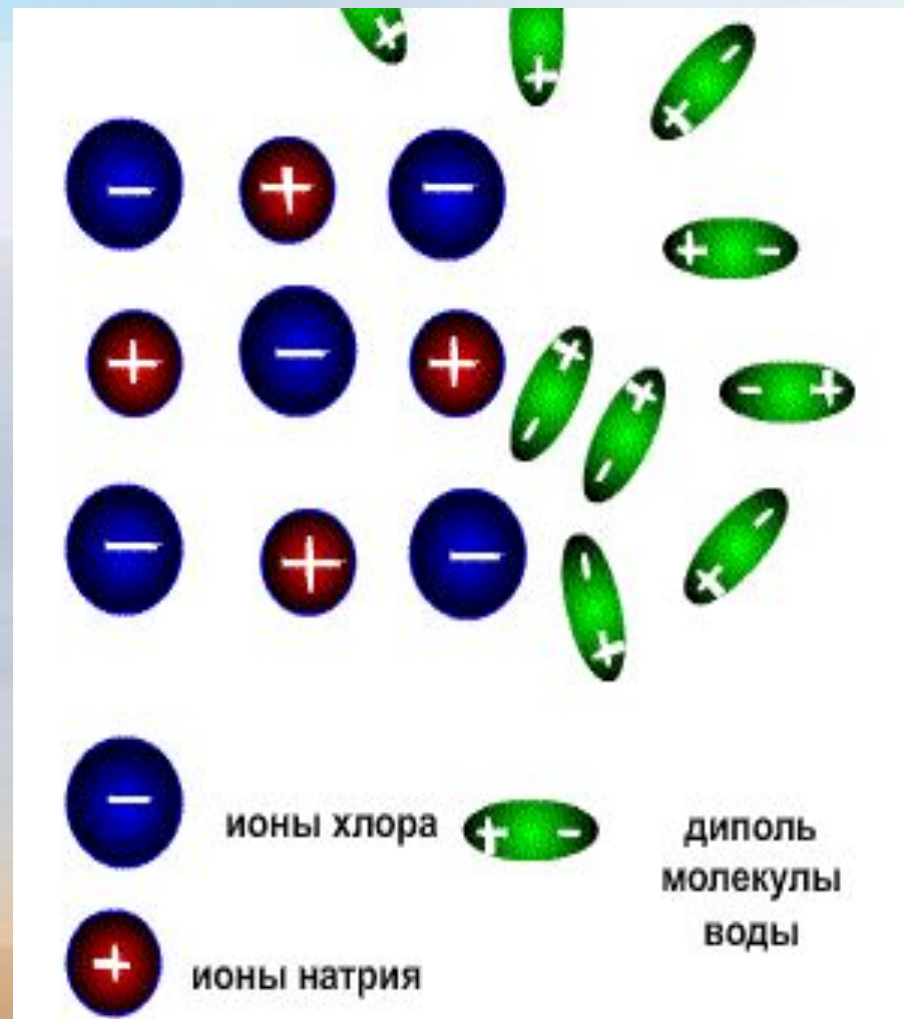
При растворении соли в воде появляются свободные носители электрических зарядов.





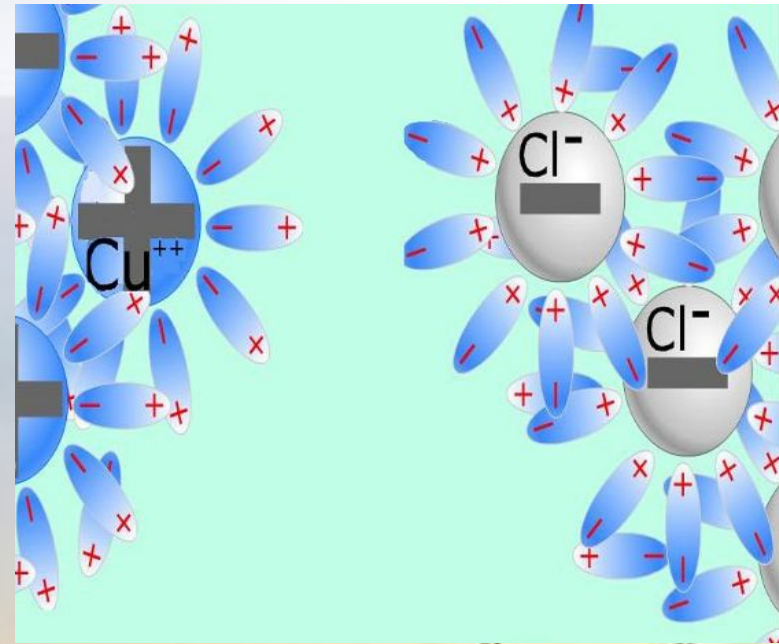
## Возникновение свободных носителей электрических зарядов

При погружении кристалла в воду к положительным ионам натрия, находящимся на поверхности кристалла, молекулы воды притягиваются своими отрицательными полюсами. К отрицательным ионам хлора молекулы воды поворачиваются положительными полюсами.



**Электролитическая диссоциация** – это распад молекул на ионы под действием растворителя.

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



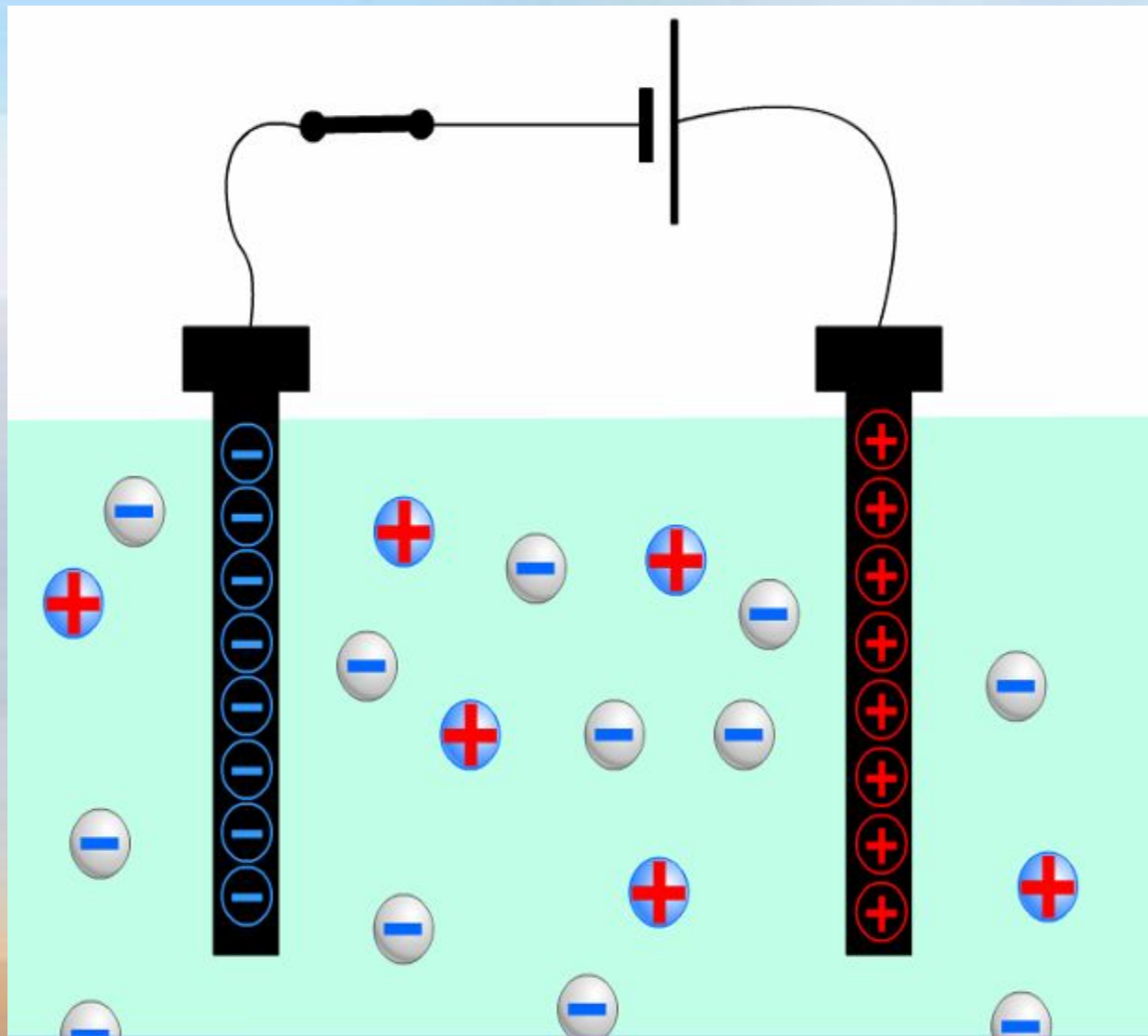
# Электрический ток в жидкостях

## Как проходит ток через электролит?

Опустим в сосуд пластины и соединим их с источником тока. Пластины - электроды.

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

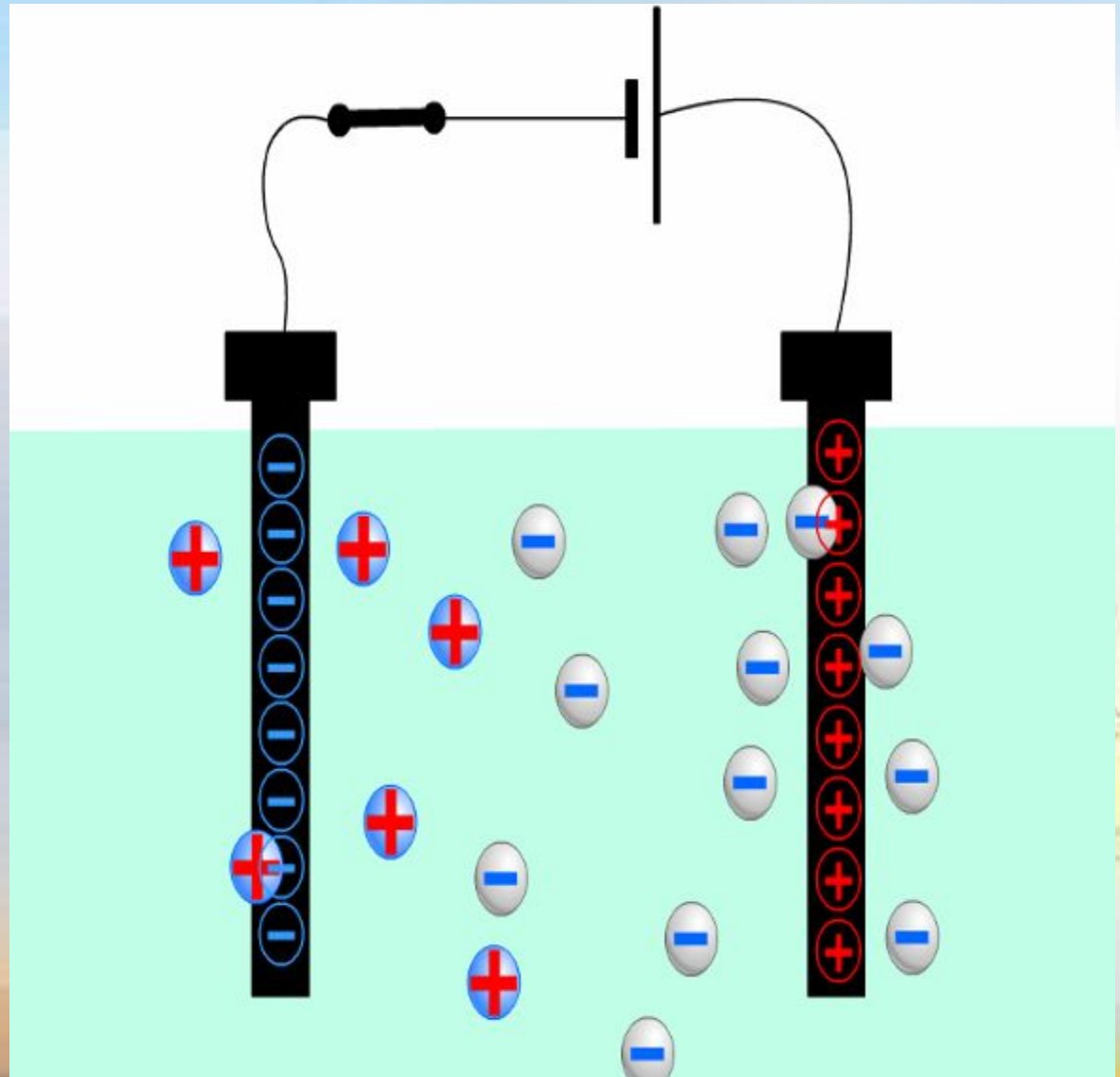
**Анод** - пластина, соединенная с положительным полюсом источника.



# Электрический ток в жидкостях

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

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

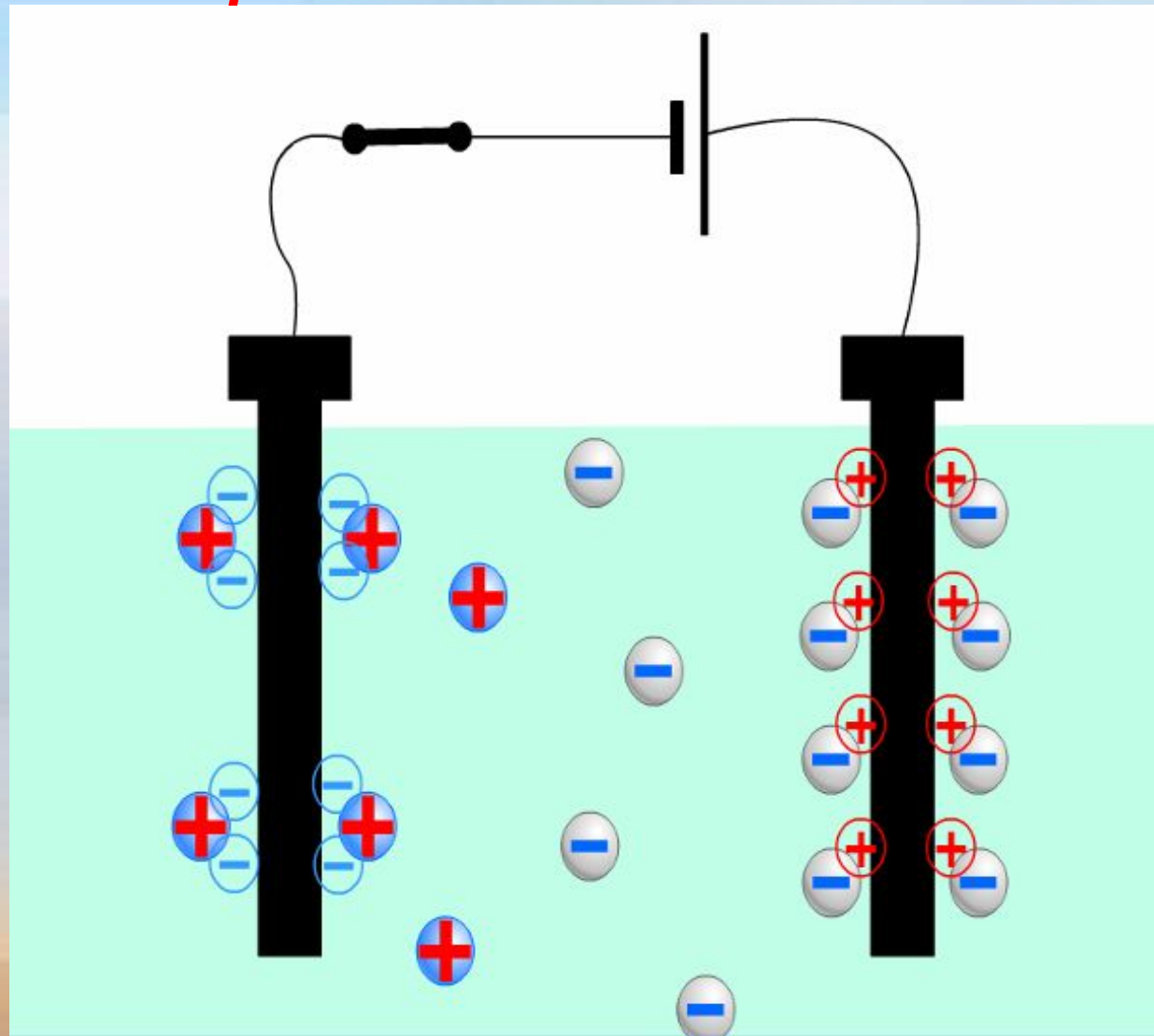


## Электролиз

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.**



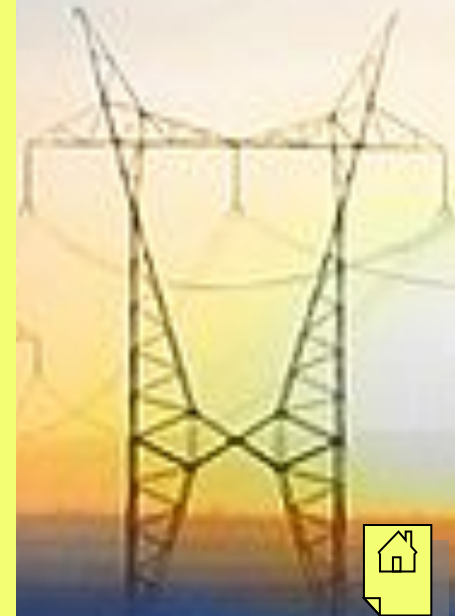
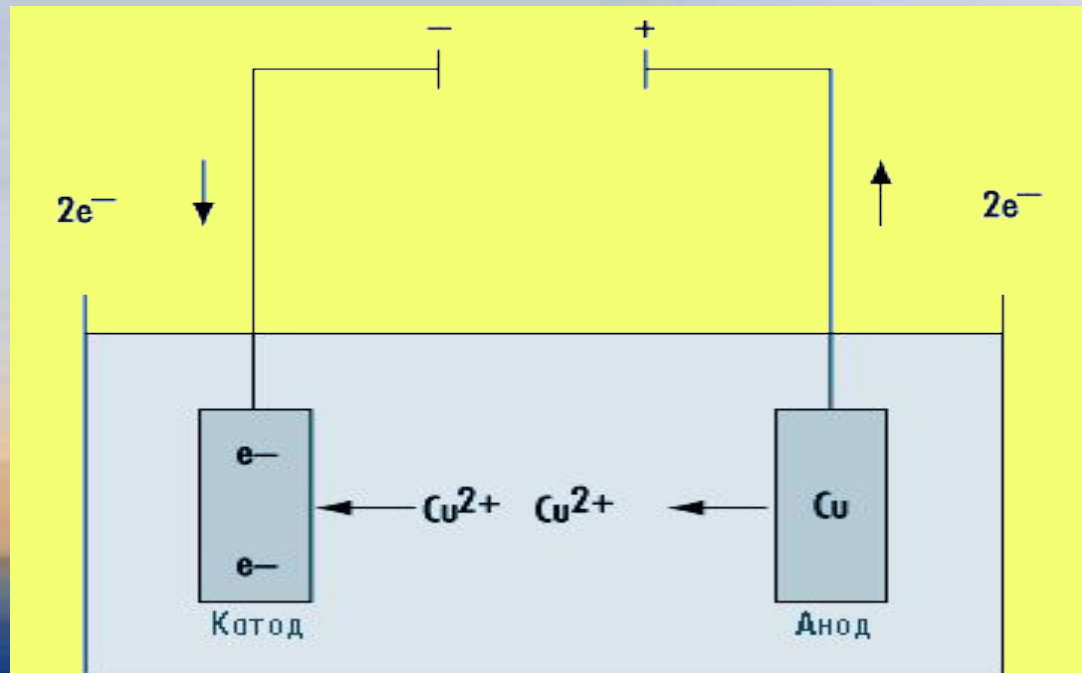
## Закон электролиза

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

$$m = kQ = kIt \quad - \quad \text{закон электролиза}$$

$k$  - электрохимический эквивалент

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



# Применение электролиза



Получение металлов



Рафинирование металлов

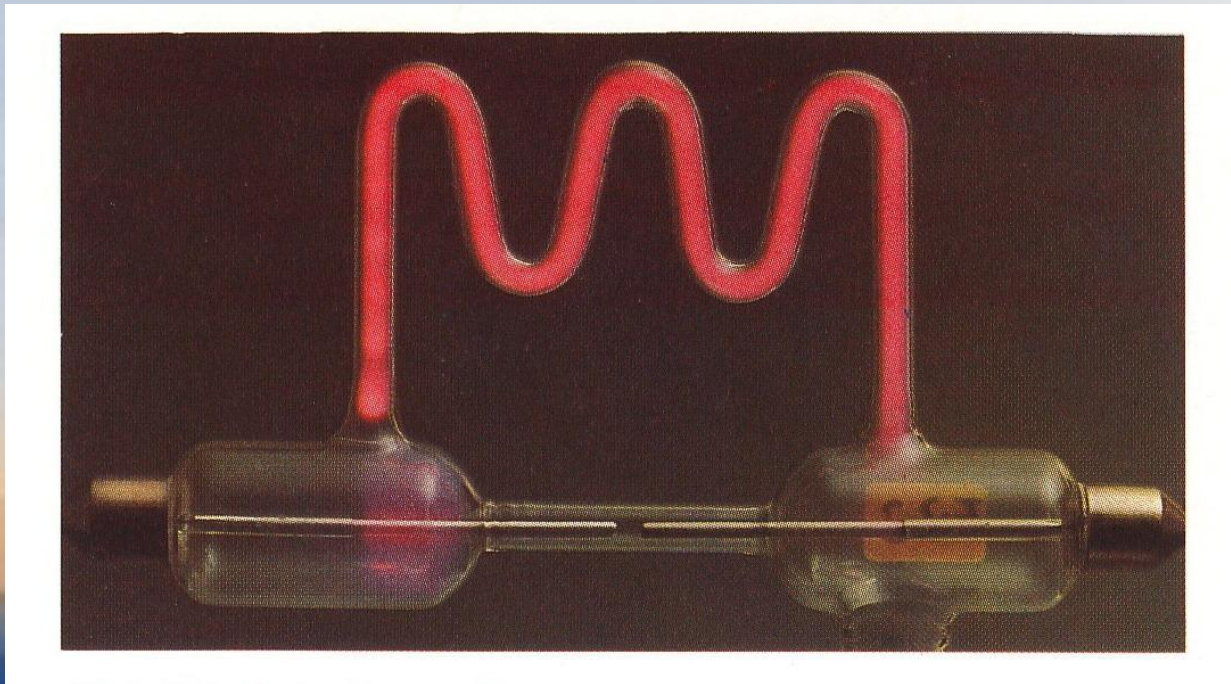


Гальваностегия



Гальванопластика

# Электрический ток в газах





Проводниками могут быть только ионизированные газы, в которых содержатся электроны, положительные и отрицательные ионы.

**ИОНИЗАЦИЯ** - 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.



# ***Типы самостоятельных разрядов***

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



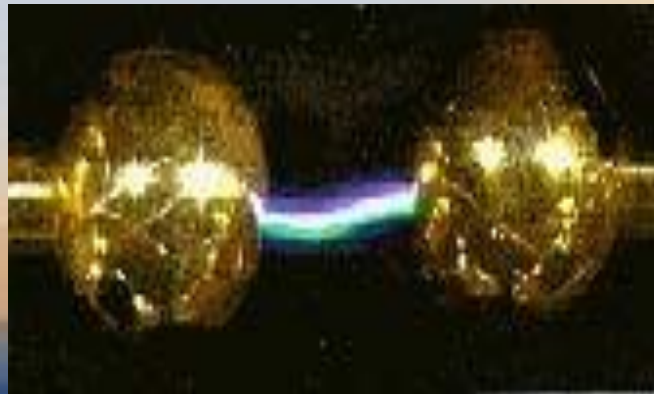
## Тлеющий разряд

- 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



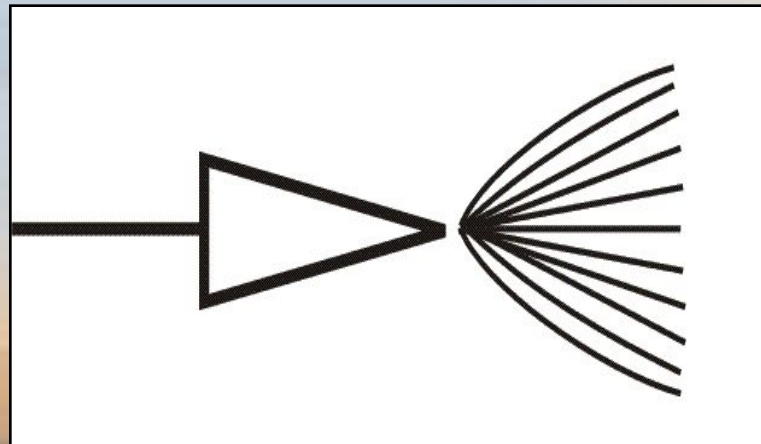
## Искровой разряд

- 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**.

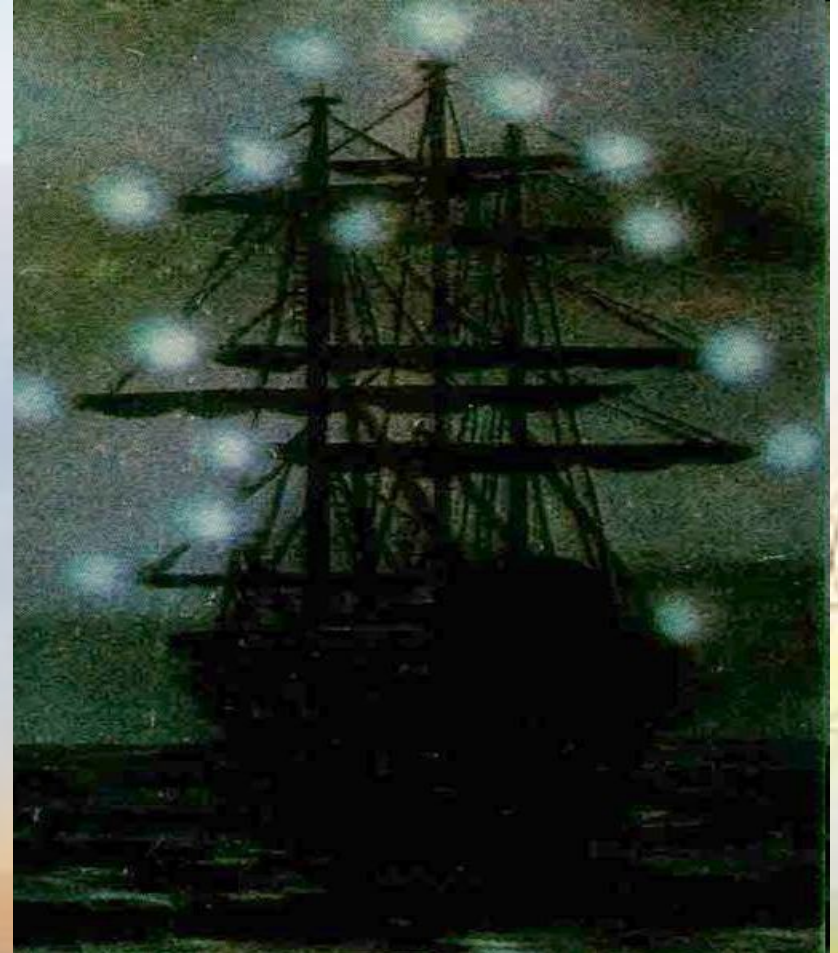


## *Коронный разряд*

- 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).

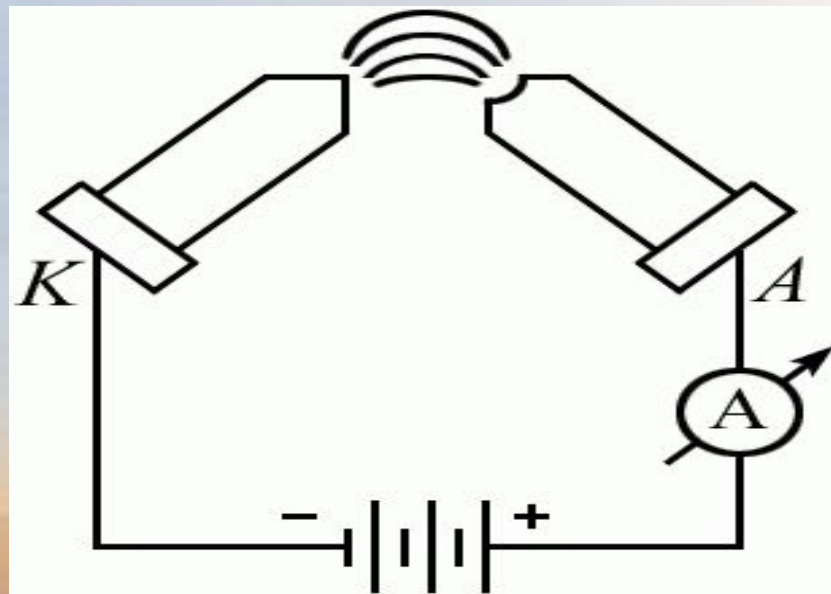
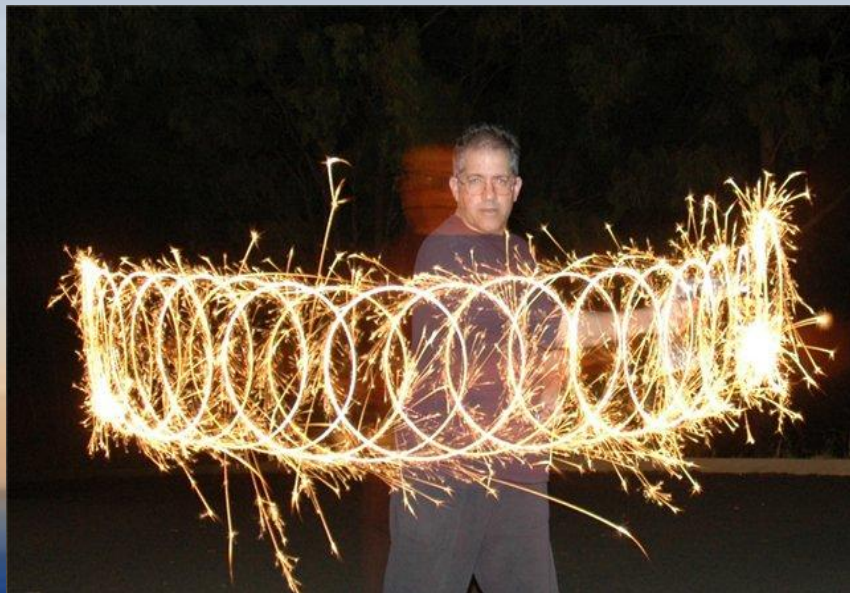


# *Коронный разряд*



## 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

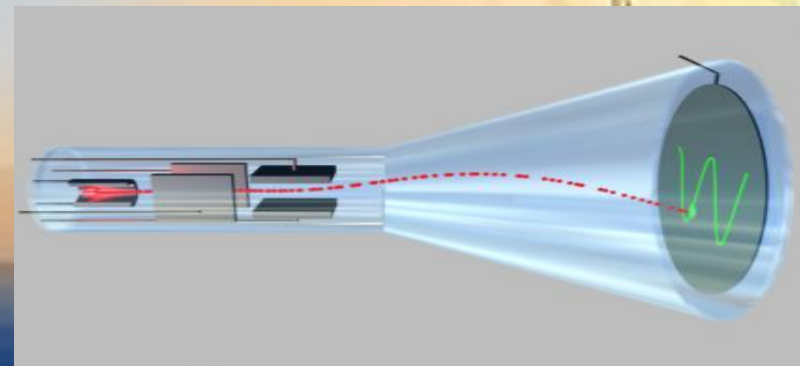
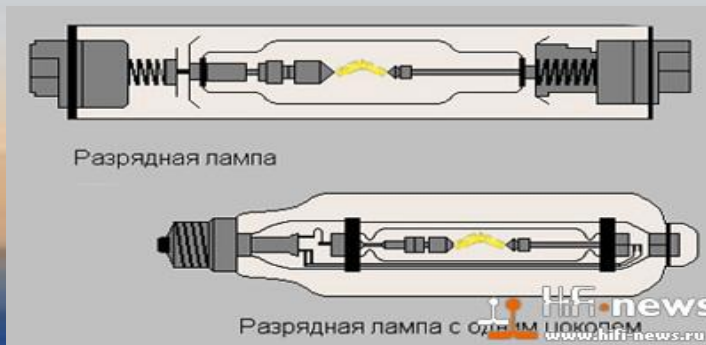
Вакуум - сильно разреженный газ, в котором средняя длина свободного пробега частицы больше размера сосуда. В результате в вакууме нет свободных носителей заряда, и самостоятельный разряд не возникает. Для создания носителей заряда в вакууме используют явление **термоэлектронной эмиссии**.



## 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**.

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



Спасибо за внимание!

