

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

```
graph TD; A[Электрические свойства веществ] --> B[Проводники]; A --> C[Полупроводники]; A --> D[Диэлектрики];
```

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



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. Но скорость беспорядочного движения электронов в металле значительно больше скорости молекул в газе (она составляет примерно 10^5 м/с).



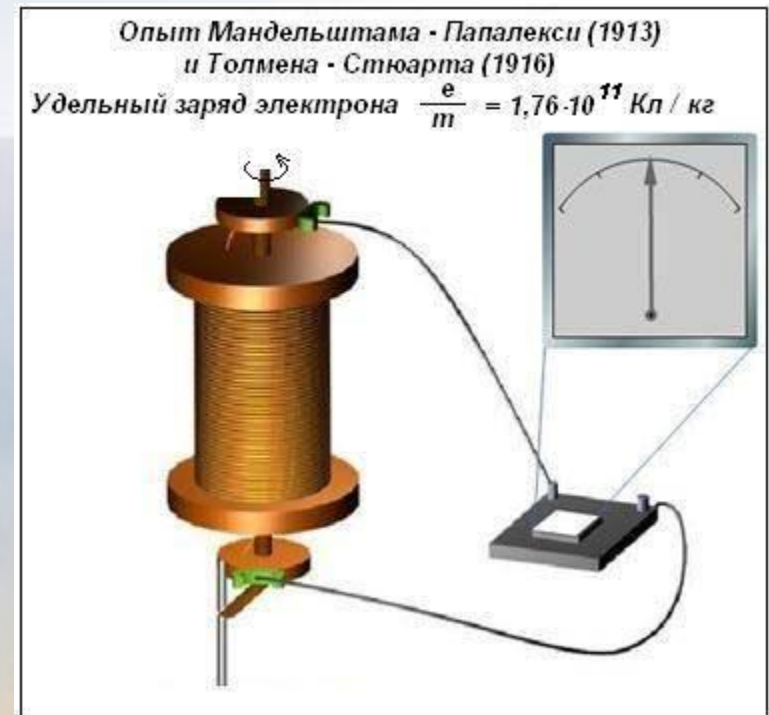
Электрический ток в металлах

- Наиболее убедительное доказательство электронной природы тока в металлах было получено в опытах с инерцией электронов. Идея таких опытов и первые качественные результаты принадлежат русским физикам Л. И. Мандельштаму и Н. Д. Папалекси (1913 г.).
- В 1916 году американский физик Р. Толмен и шотландский физик Б. Стюарт усовершенствовали методику этих опытов и выполнили количественные измерения, неопровержимо доказавшие, что ток в металлических проводниках обусловлен движением электронов.



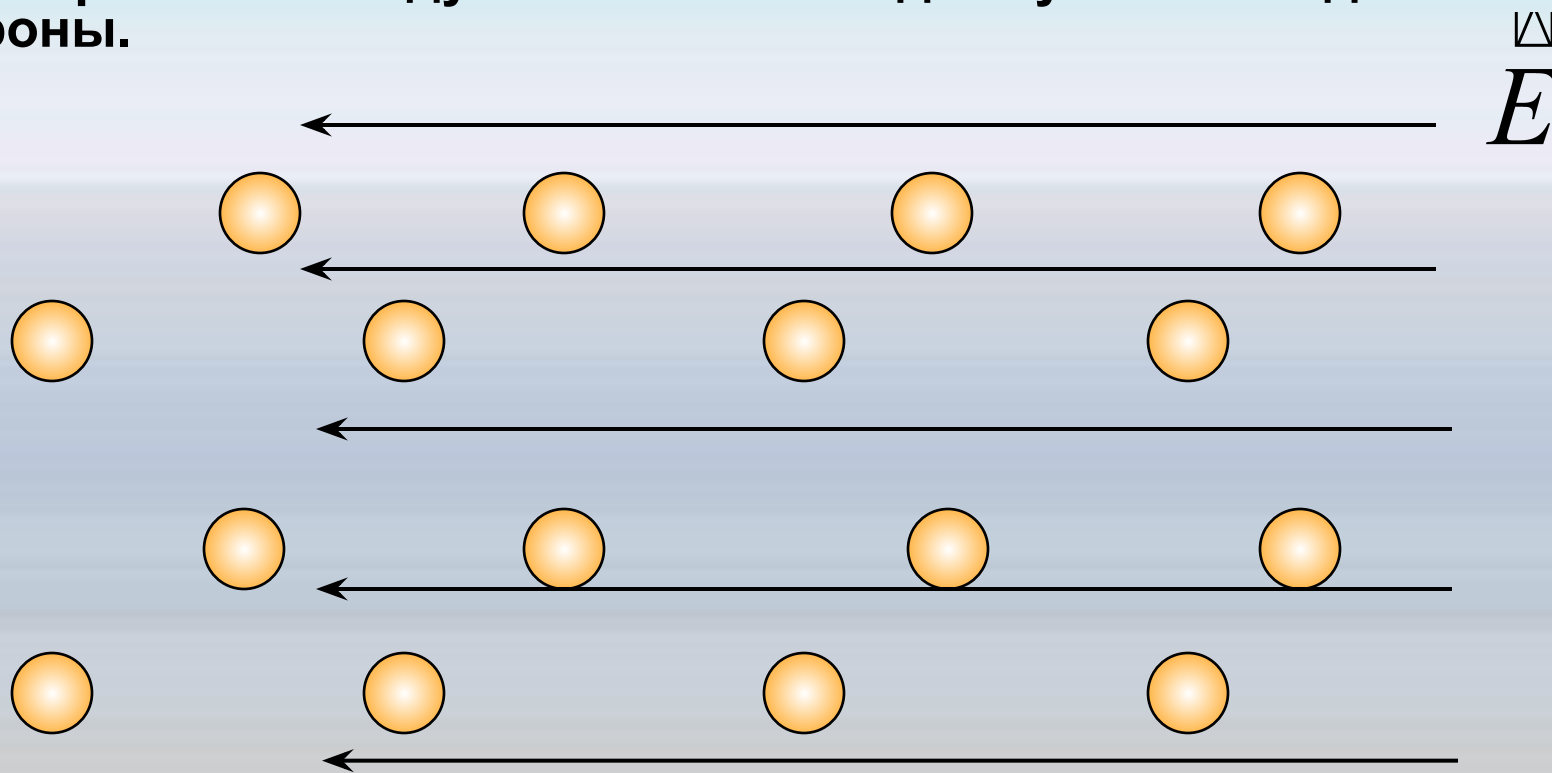
Опыт Папалекси-Мандельштама

- Описание опыта :
- 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.



Электрический ток в металлах

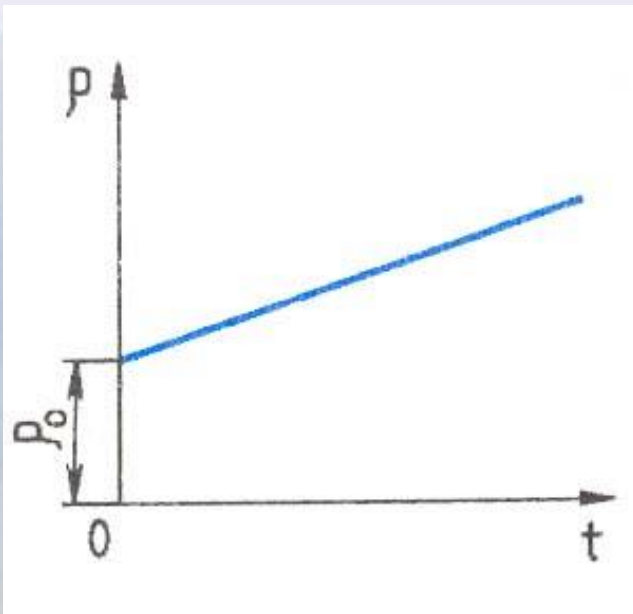
Металлы имеют кристаллическое строение . В узлах кристаллической решетки расположены положительные ионы, совершающие тепловые колебания вблизи положения равновесия, а в пространстве между ними хаотично движутся свободные электроны.



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.



Зависимость сопротивления проводника от температуры



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

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



Сверхпроводимость

Сверхпроводимость — физическое явление, заключающееся в скачкообразном падении до нуля сопротивления вещества.

В то время, как в обычных проводниках под влиянием магнитного поля ток в металле смещается, в сверхпроводниках это явление отсутствует. Ток в сверхпроводнике как бы закреплен на своем месте.

Сверхпроводимость исчезает под действием следующих факторов:

- **повышение температуры;**
- **действие достаточно сильного магнитного поля;**
- **достаточно большая плотность тока в образце;**

Переход от сверхпроводящего состояния в нормальное можно осуществить путем повышения магнитного поля при температуре ниже критической T_c .



Сверхпроводимость

В 1911 г. голландский физик Камерлинг-Оннес обнаружил, что при охлаждении ртути в жидком гелии её сопротивление сначала меняется постепенно, а затем при температуре 4,2 К очень резко падает до нуля. Это явление было названо **сверхпроводимостью**.

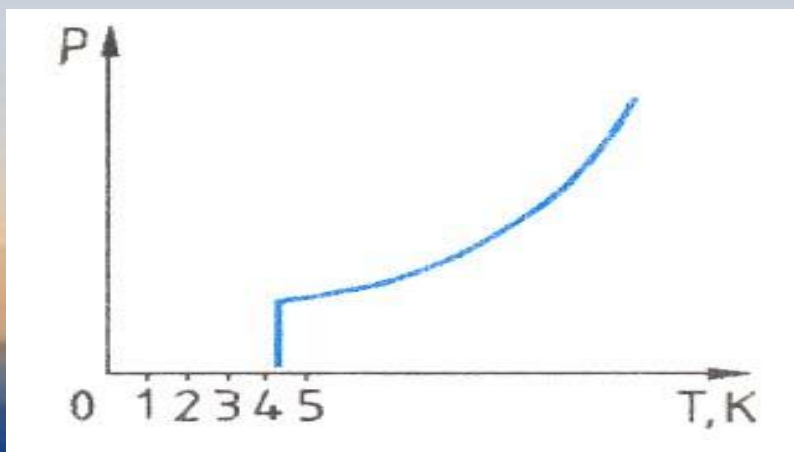
Температура T_k , при которой происходит переход в сверхпроводящее состояние, называется *критической температурой перехода*. Для таллия, олова и свинца она равна соответственно 2,35 К, 3,73 К и 7,19 К. Впоследствии было открыто много других сверхпроводников.



КАМЕРЛИНГ-ОННЕС

21.09.1853 – 21.02.1926

Нобелевская премия по
физике,
1913 г.

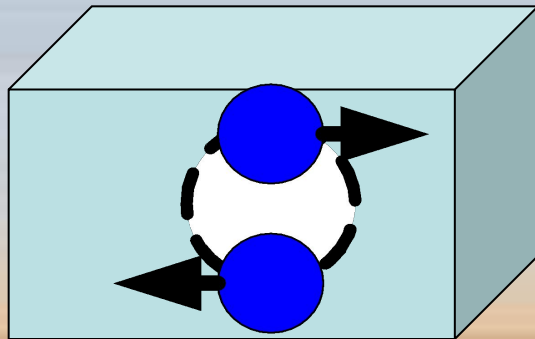


Мультиэлектрон

Мультиэлектрон (me) – это новая, ранее неизвестная, квантовая частица, которая образуется из двух и более электронов в силовом поле атома.

Сила притяжения между электронами аналогична силе, связывающей протоны и нейтроны в ядре атома (сила Юкавы).

Эта сила уравнивает отталкивание между отрицательно заряженными электронами и приводит к **взаимному вращению** электронов вокруг общей оси.



Движение электронов в обычном проводнике



Электроны сталкиваются с кристаллической решеткой и теряют свою кинетическую энергию, которая идет на нагрев решетки. Поэтому возникает электрическое сопротивление.



Движение мультиэлектрона в сверхпроводнике



Кинетическая энергия электронов, составляющих **мультиэлектрон** переходит во вращательную энергию частицы. Поэтому мультиэлектрон не сталкивается с кристаллической решеткой и не испытывает сопротивления. Так возникает **сверхпроводимость**.



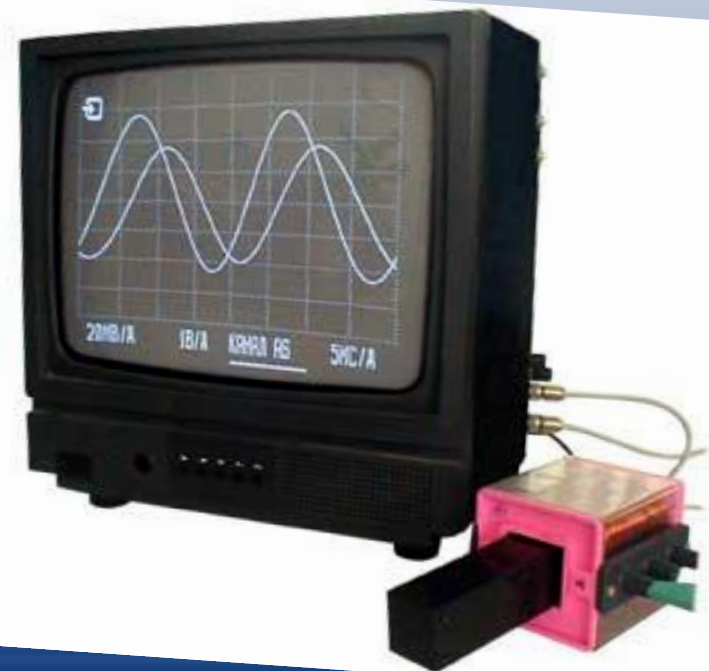
Использование сверхпроводимости

Применение	Примечания
<u>крупномасштабное</u> а) экранирование	Сверхпроводник не пропускает магнитный поток, следовательно, он экранирует электромагнитное излучение. Используется в микроволновых устройствах, защита от излучения при ядерном взрыве.
<u>сильноточные устройства</u> а) магниты - научно-исследовательское оборудование - магнитная левитация	Магниты используются в ускорителях частиц и установках термоядерного синтеза. Интенсивно проводятся работы по созданию поездов на магнитной подушке.
<u>другие применения</u> а) передача энергии б) аккумулирование в) вращающиеся электрические машины	Возможность аккумулировать электроэнергию в виде циркулирующего тока. Комбинация полупроводниковых и сверхпроводящих приборов открывает новые возможности в

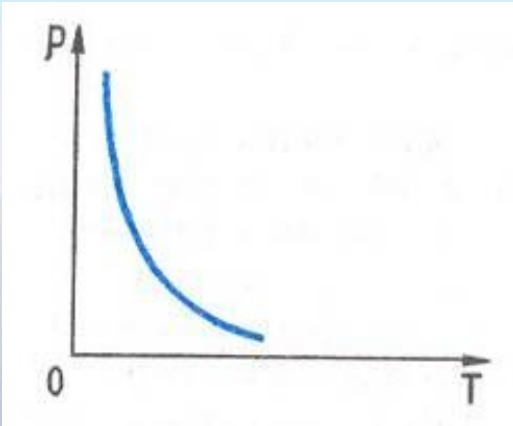


Электрический ток в полупроводниках

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



Полупроводники



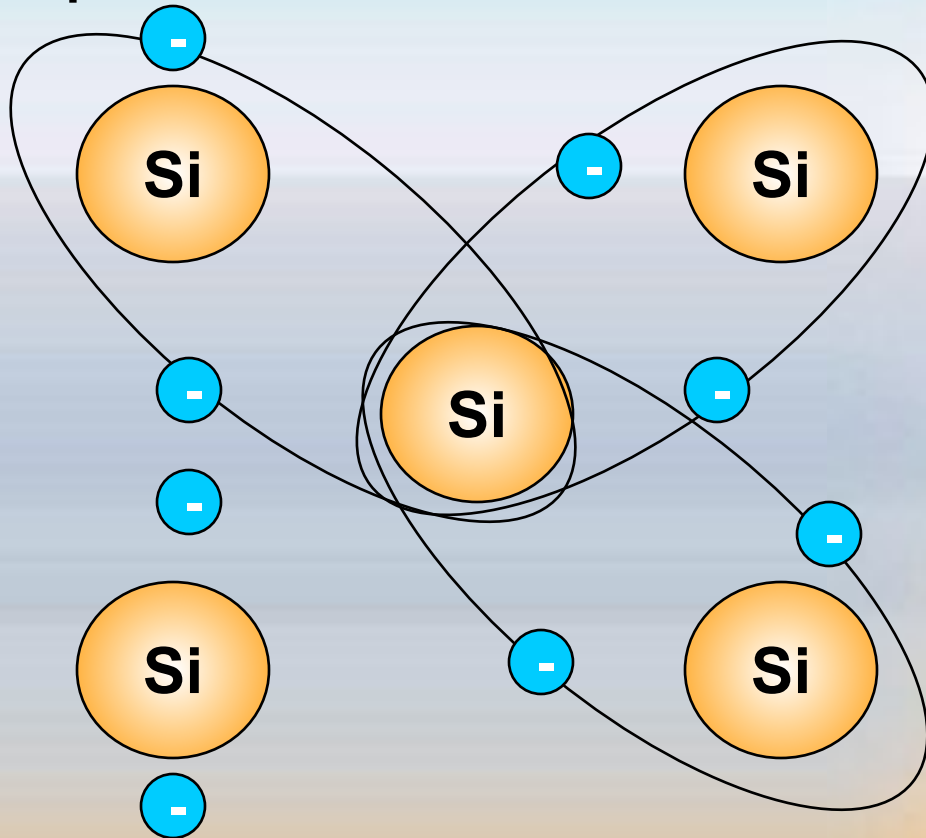
Полупроводники – вещества у которых удельное сопротивление с повышением температуры уменьшается

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



Собственная проводимость полупроводников

- Рассмотрим проводимость полупроводников на основе кремния Si



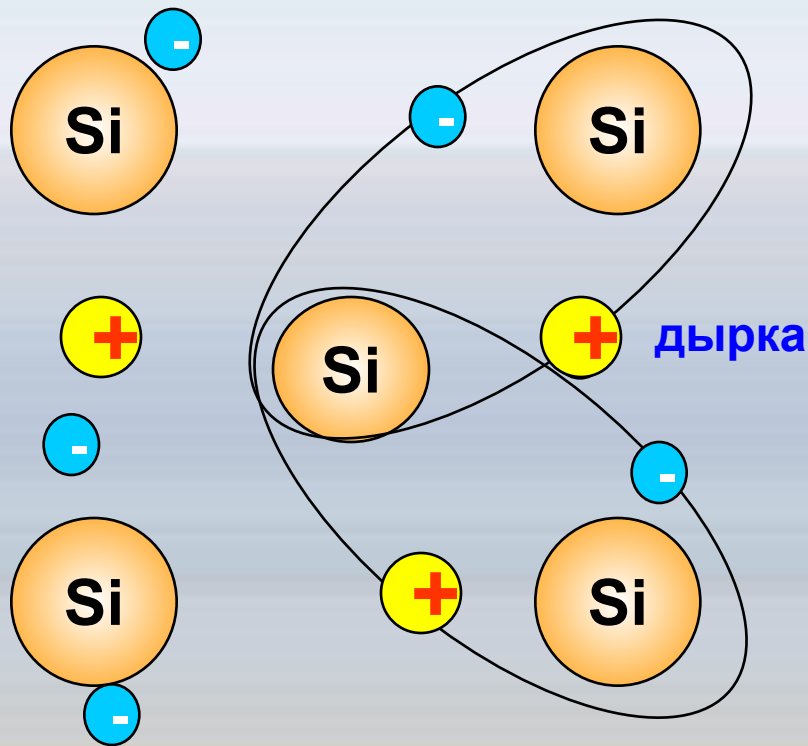
Кремний – 4 валентный химический элемент. Каждый атом имеет во внешнем электронном слое по 4 электрона, которые используются для образования парноэлектронных (ковалентных) связей с 4 соседними атомами

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



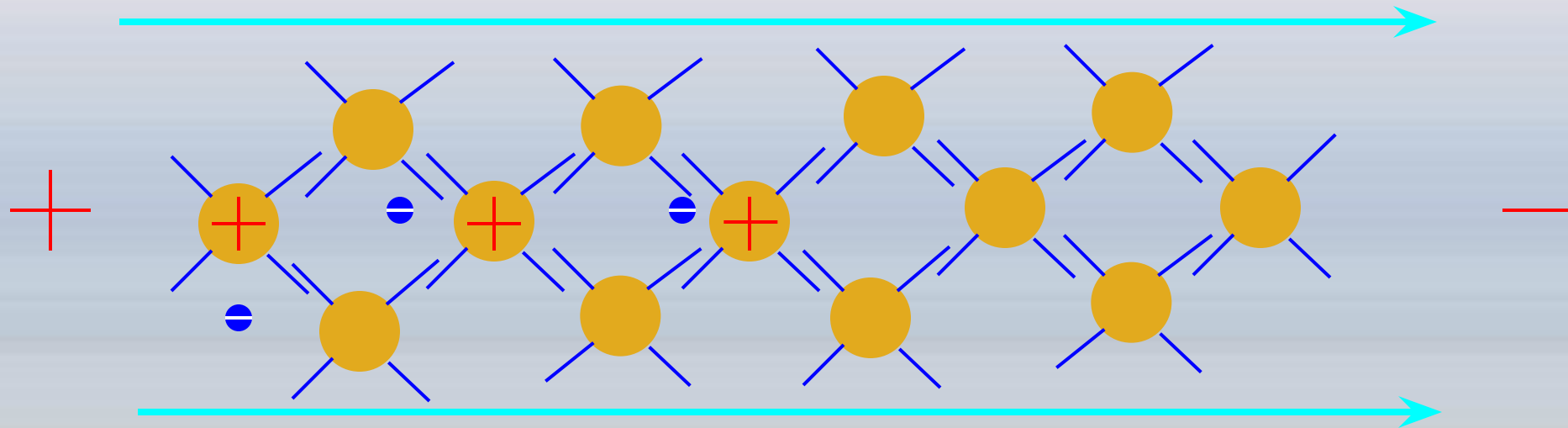
свободный
электрон

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

Поместим полупроводник в электрическое поле.



Итак: электроны бегут влево, дырки – вправо

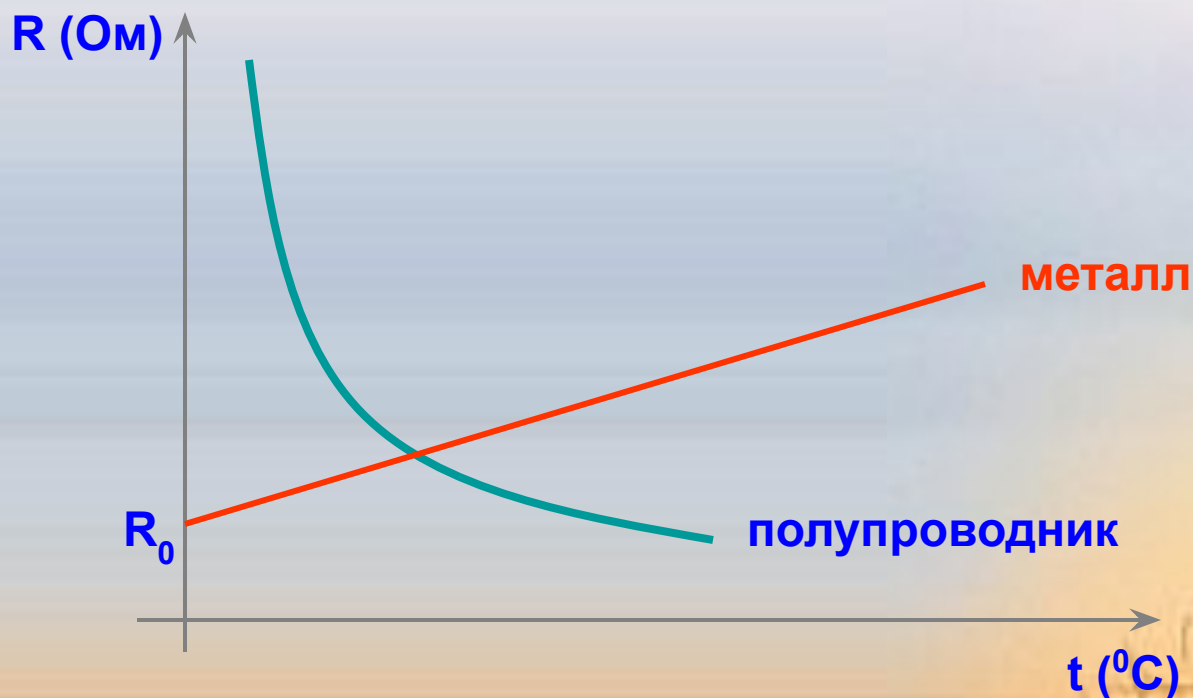
Проводимость – электронно-дырочная



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

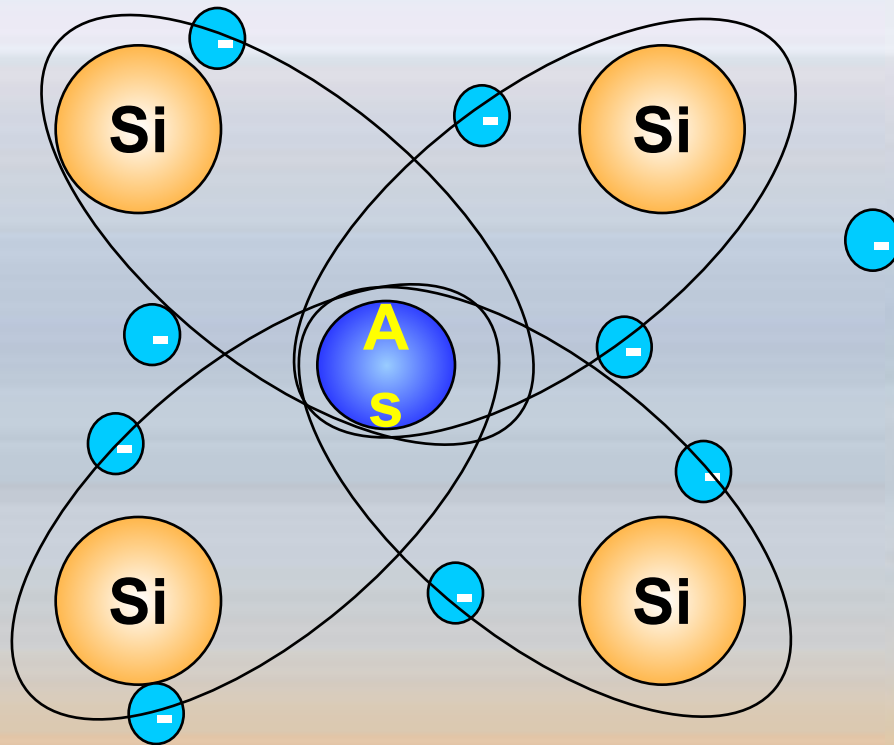


При **увеличении температуры** растет число свободных носителей заряда, **проводимость полупроводников растет**, сопротивление уменьшается.



Электрический ток в полупроводниках

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**

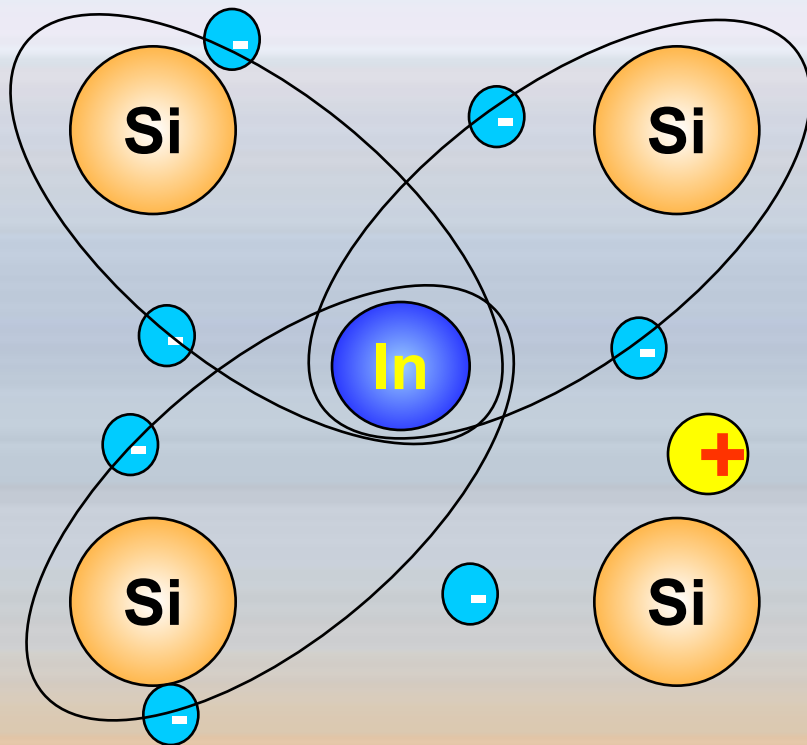
При легировании 4-валентного кремния Si 5-валентным мышьяком As, один из 5 электронов мышьяка становится свободным. As – положительный ион. Дырки нет!

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 полупроводниках

Итак, существует 2 типа полупроводников, имеющих большое практическое применение:



p - типа

Основные носители заряда –

дырки



n - типа

Основные носители заряда –

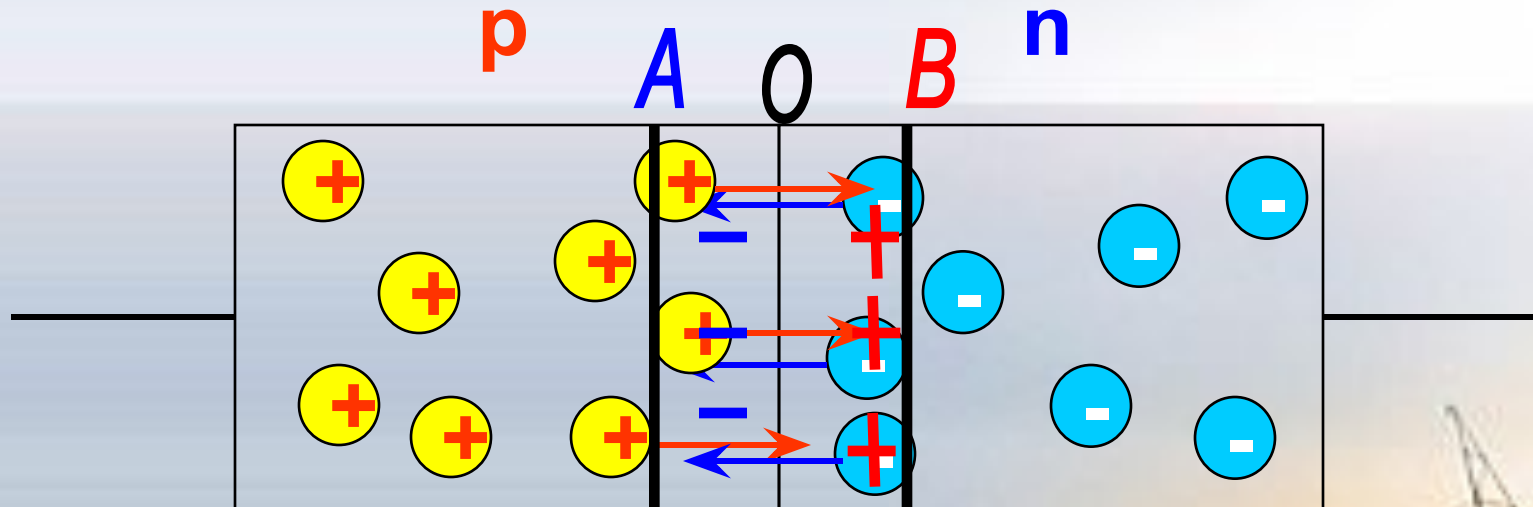
электроны

Помимо основных носителей в полупроводнике существует очень малое число неосновных носителей заряда (в полупроводнике p – типа это электроны, а в полупроводнике n – типа это дырки), количество которых растет при увеличении температуры



Электрический ток в полупроводниках

Рассмотрим электрический контакт двух полупроводников **p** и **n** типа, называемый **p – n** переходом



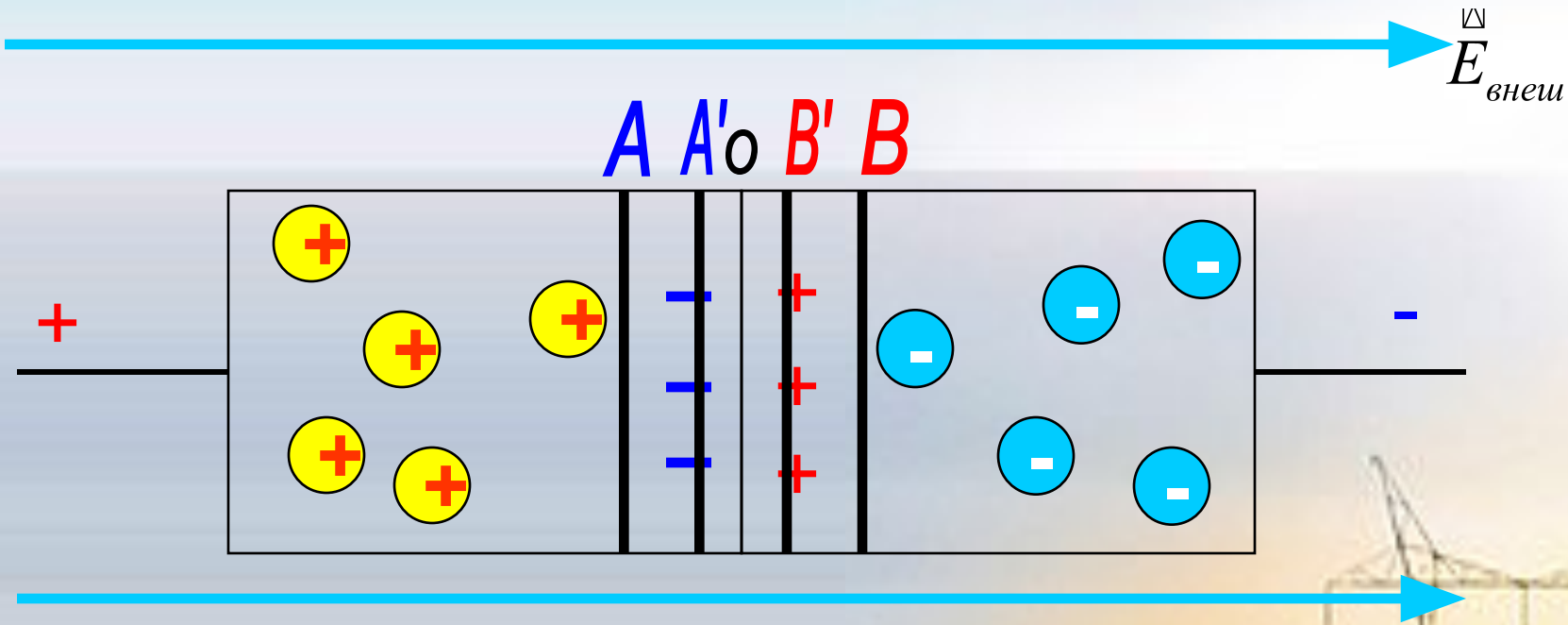
Начинается бурный процесс диффузии. **e** из n-типа переходят в p-тип, **дырки** из p-типа переходят в n-тип. Образовались заряженные области: **OA** и **OB**. Образуется контактная разность потенциалов

Область AOB – запирающая область, обладает огромным R . Причина – обеднена основными носителями тока.



Проводимость контакта.

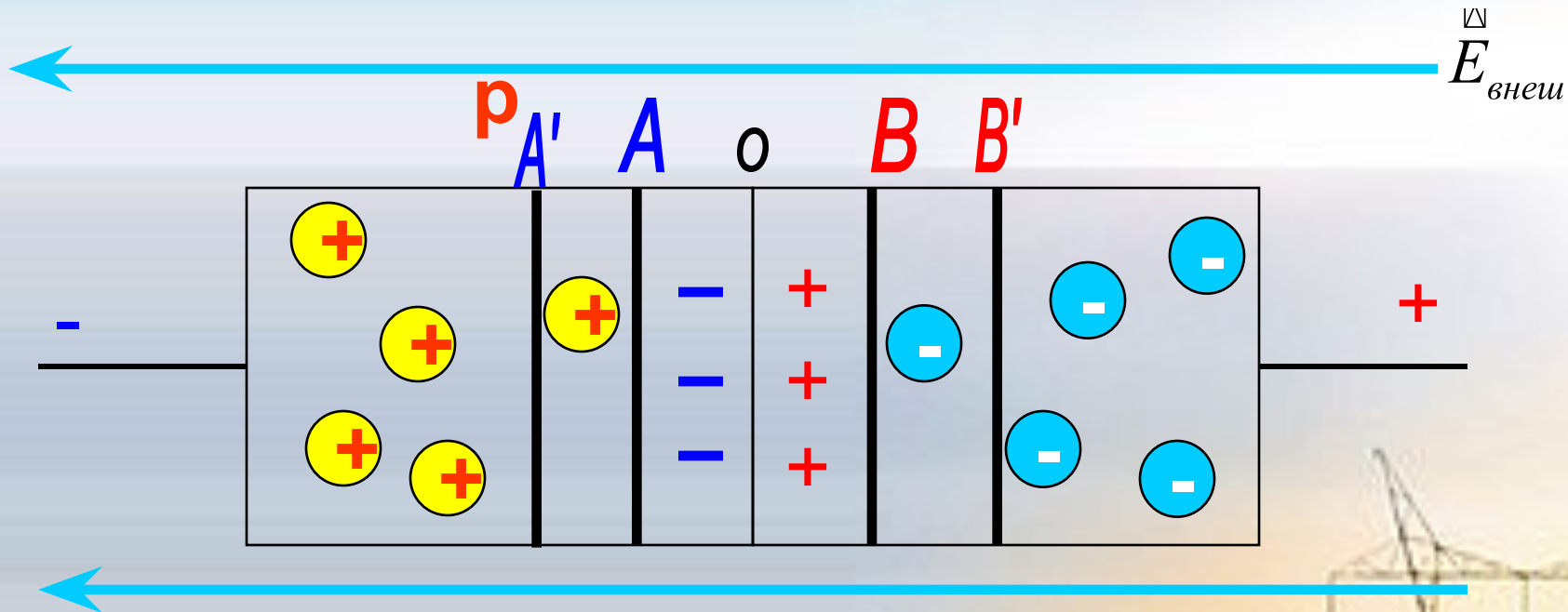
1. Прямое включение



Под действием внешнего поля область AOB сузится до A'OB'. Сопротивление перехода уменьшается, ток резко увеличивается. Такое включение называется **прямым**, электрический ток обусловлен основными носителями заряда.



2. Обратное включение

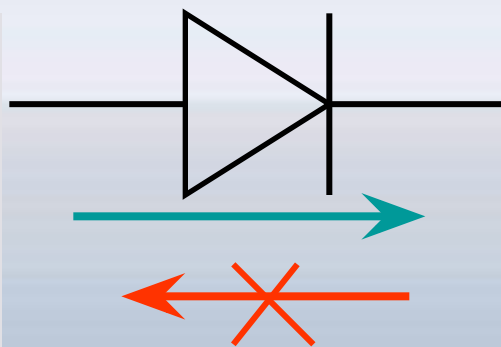


Под действием внешнего поля область AOB расширится до A'OB'. Сопротивление перехода увеличивается, ток резко уменьшается. Такое включение называется **обратным**, электрический ток обусловлен неосновными носителями заряда.



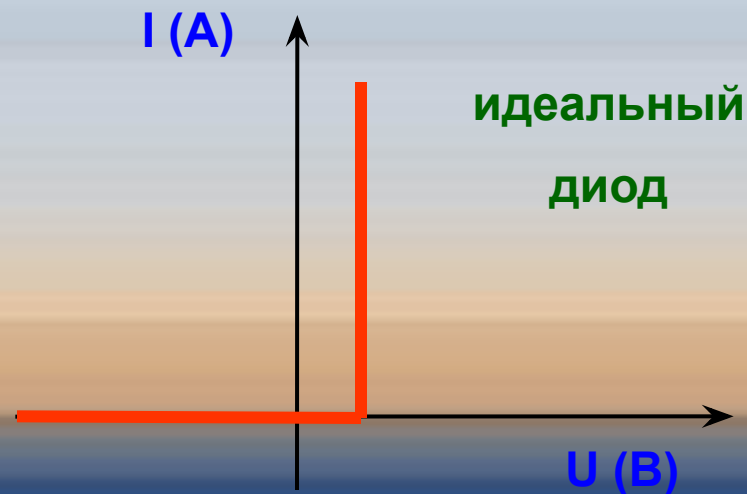
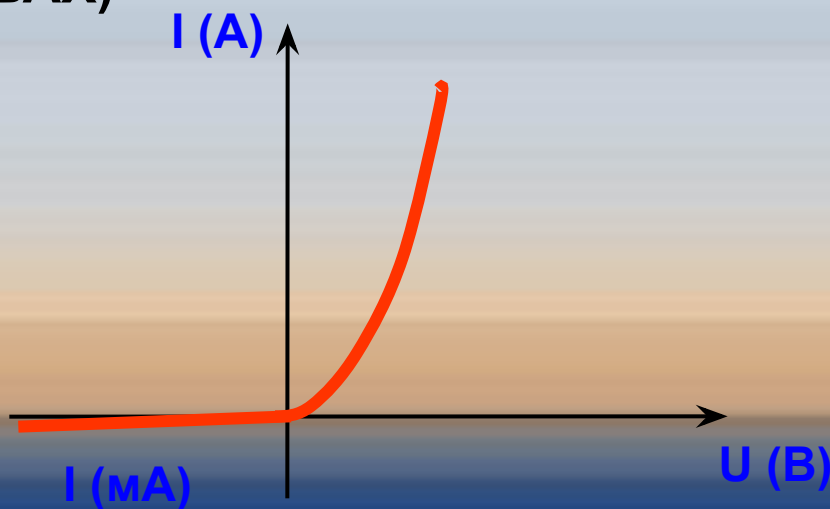
Электрический ток в полупроводниках

Итак, основное свойство **p – n** перехода заключается в его **односторонней проводимости**. Полупроводниковый диод – это **p – n** переход, заключенный в корпус. Основное свойство диода – его односторонняя электрическая проводимость.



Обозначение
полупроводникового
диода на схемах

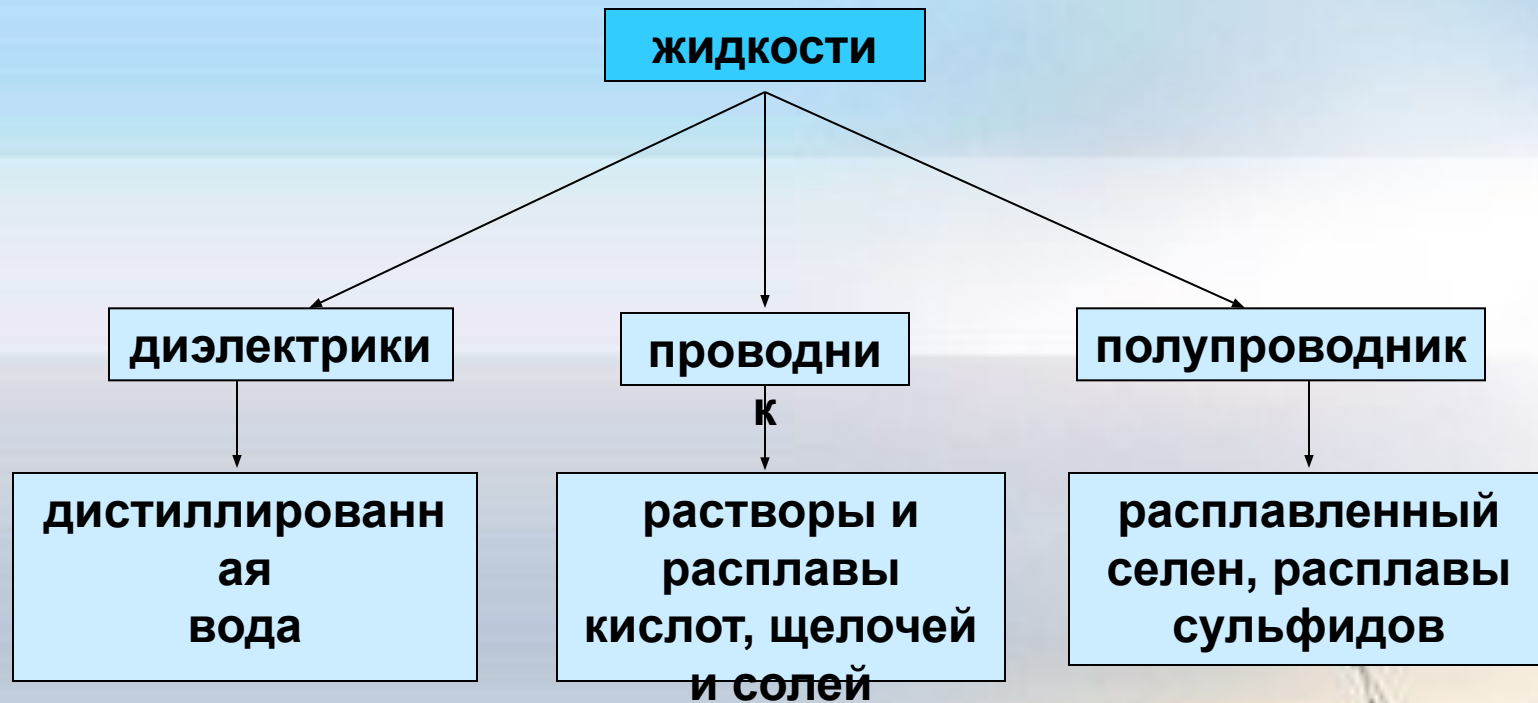
Вольт – амперная характеристика полупроводникового диода (ВАХ)



Электрический ток в жидкостях



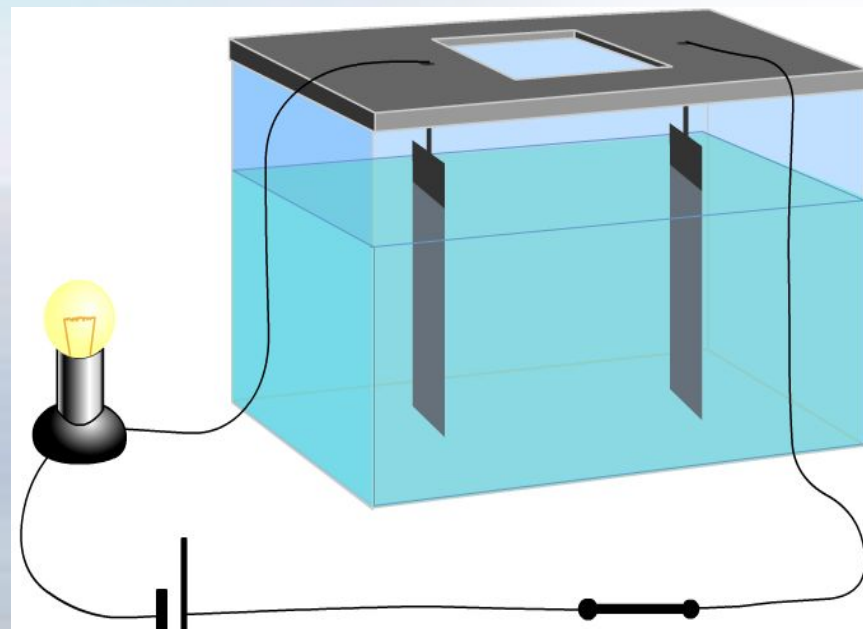
Электрический ток в жидкостях



Жидкости, как и твердые тел, могут быть диэлектриками, проводниками и полупроводниками.



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



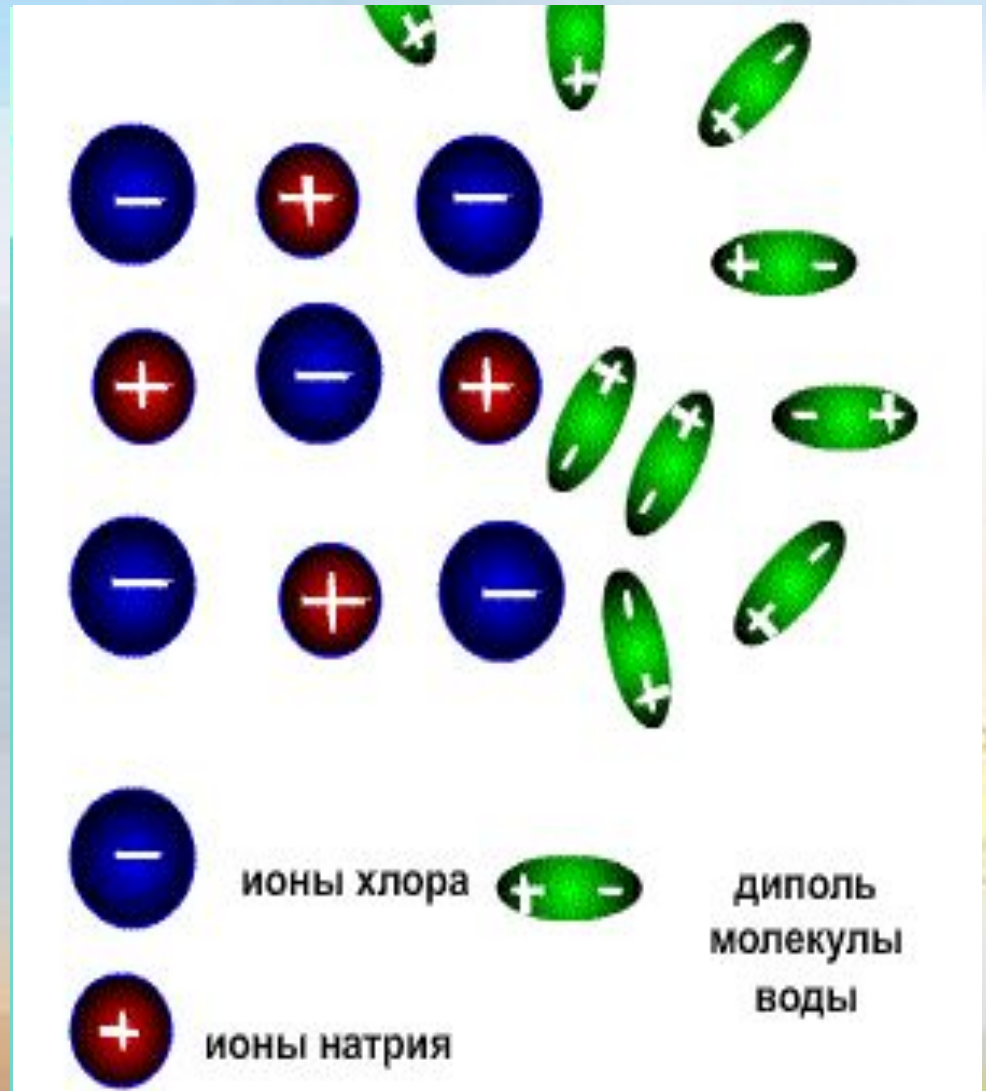
При растворении соли в воде появляются свободные носители электрических зарядов.



Электрический ток в жидкостях

Как возникают свободные носители 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.

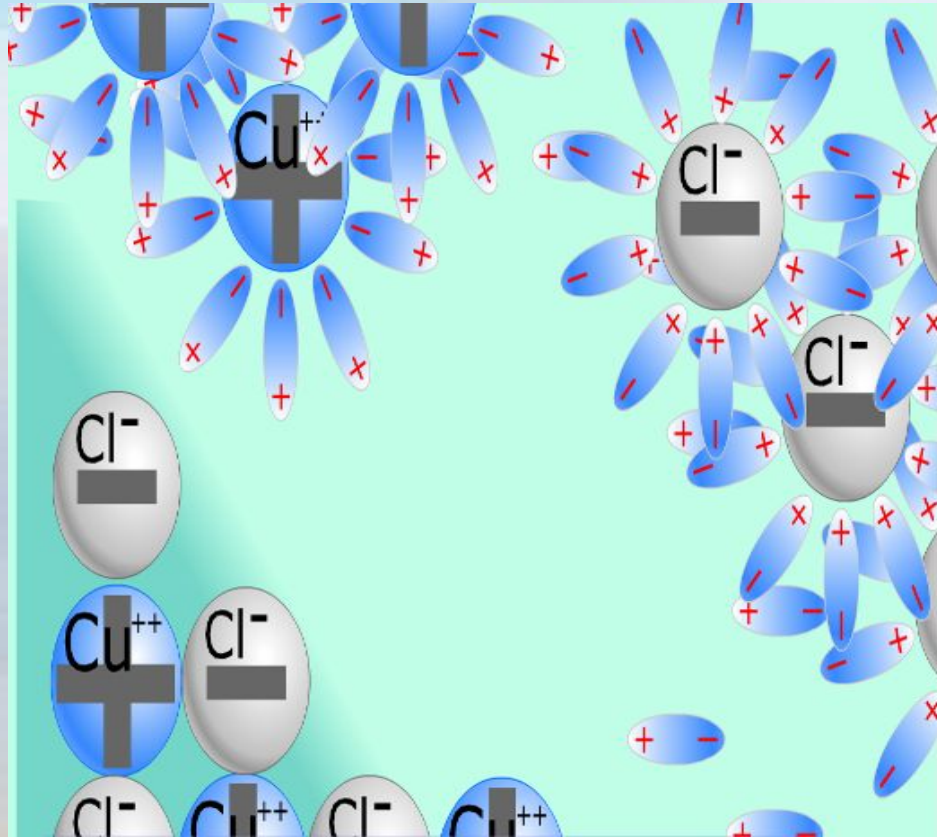


Электролитическая диссоциация

Это приводит к ослаблению электростатического взаимодействия ионов натрия и хлора.

Тепловое движение ионов приводит к тому, что ионы с поверхности кристалла отрываются. В растворе появляются свободные носители тока — ионы натрия и ионы хлора.

Такое явление называется **электролитической диссоциацией**.

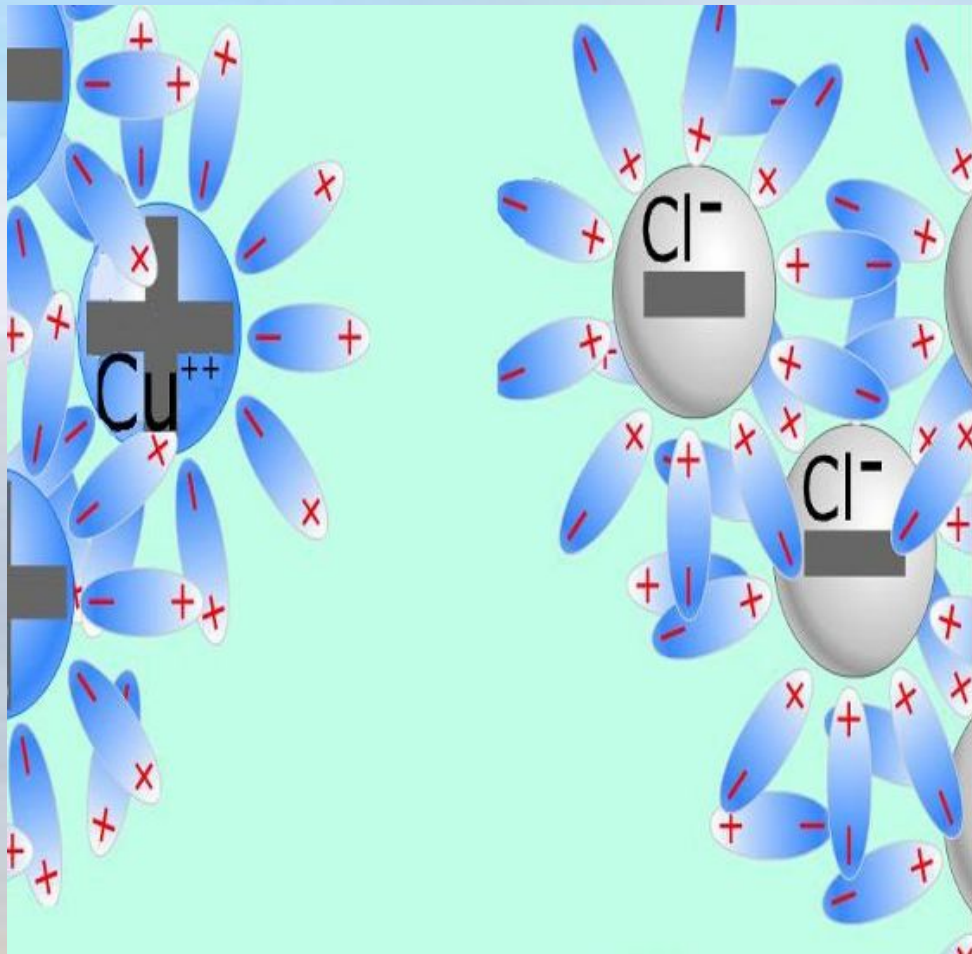


Электролитическая диссоциация –

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**.



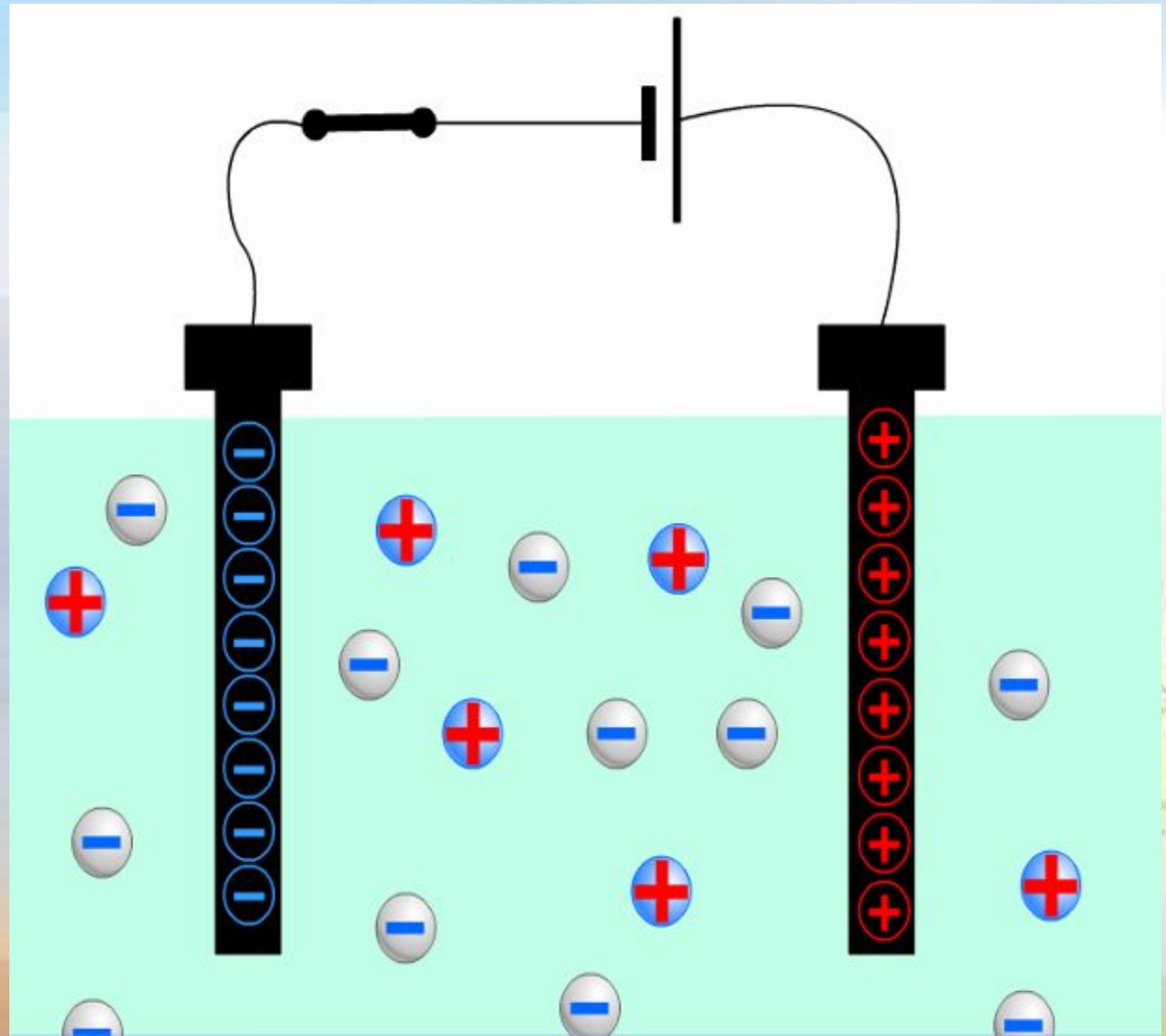
Электрический ток в жидкостях

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.

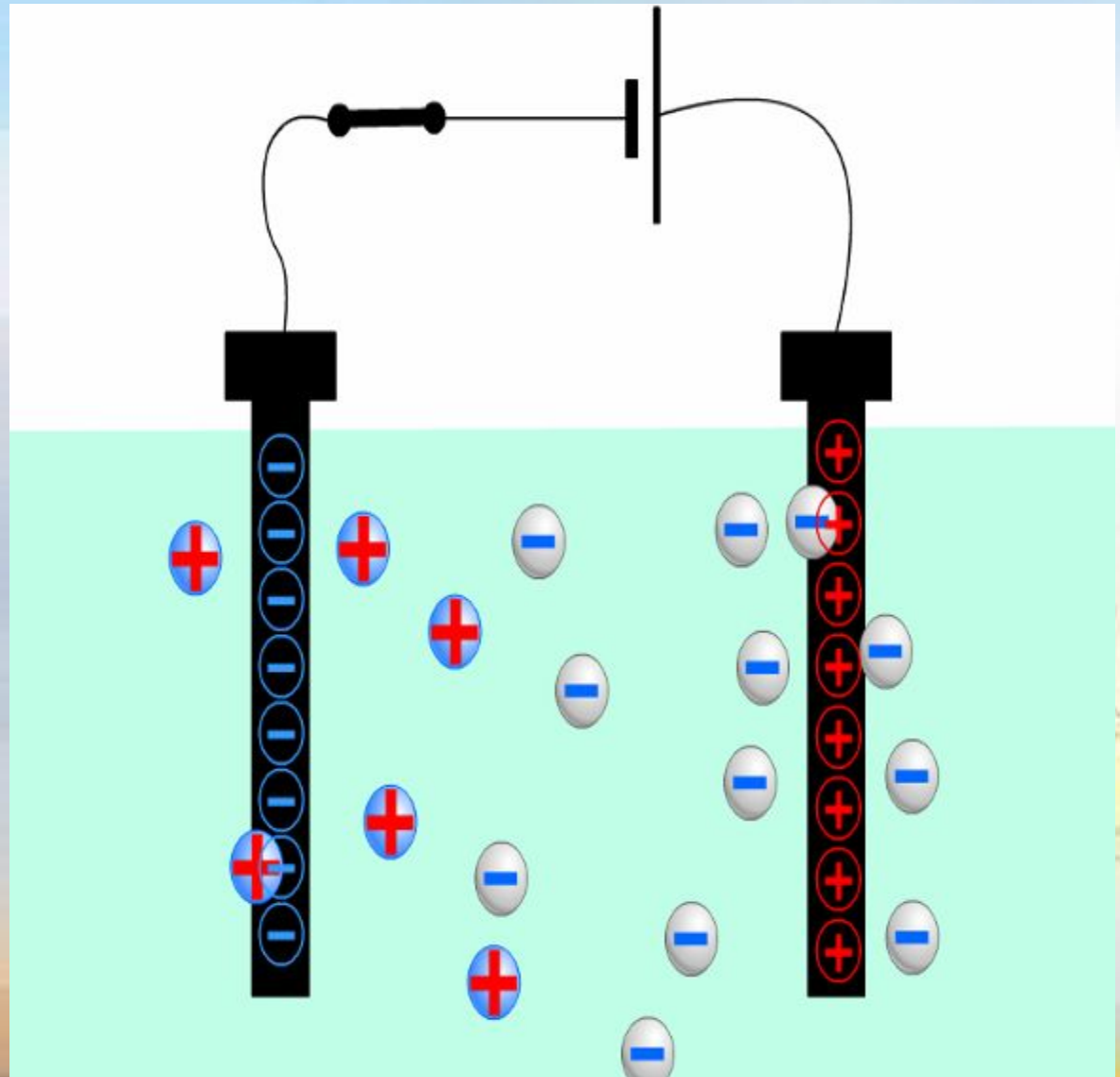
Анод - пластина, соединенная с положительным полюсом источника.



Электрический ток в жидкостях

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

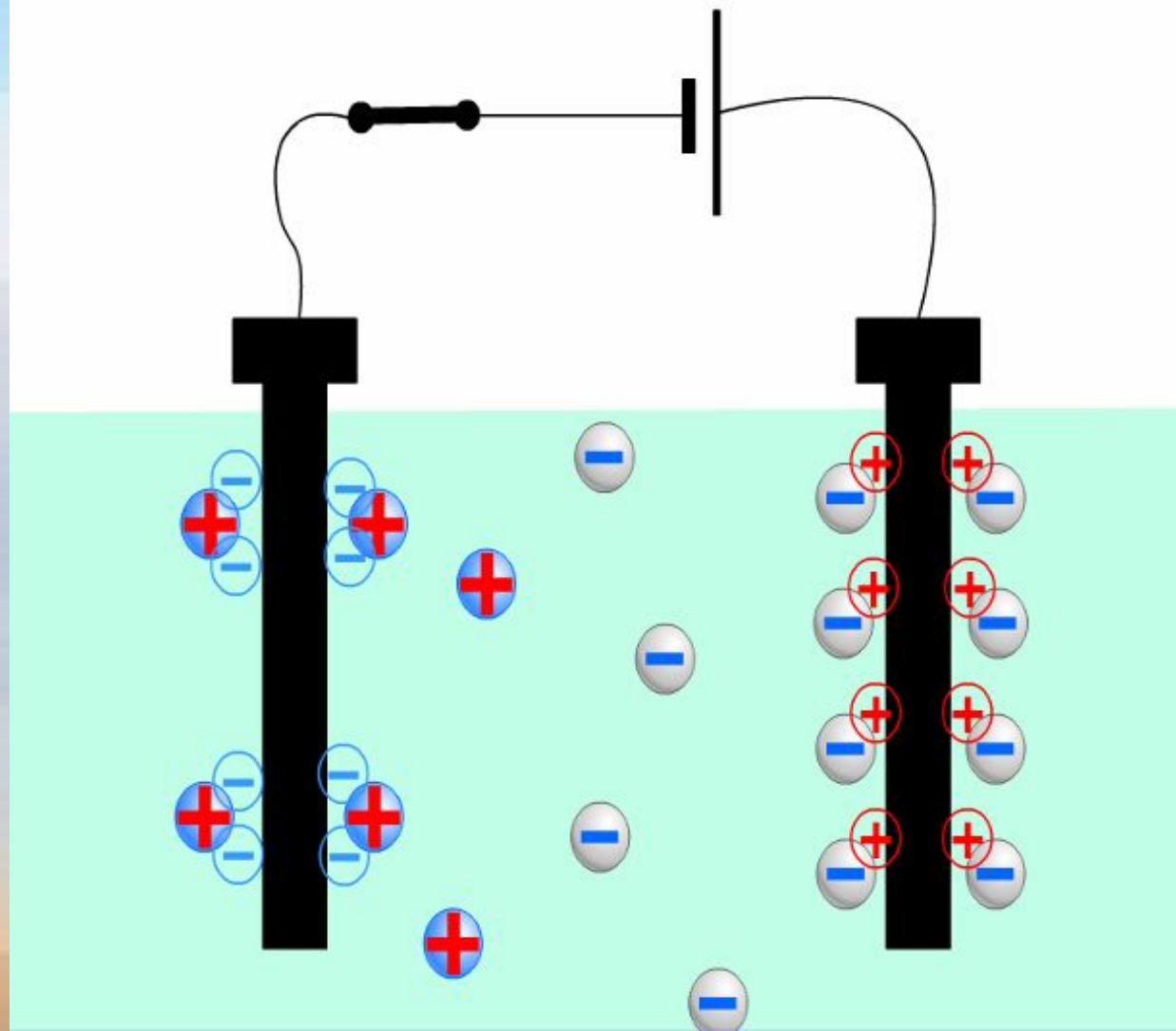
На аноде отрицательные ионы отдают свои лишние электроны, а на катоде положительные ионы получают недостающие электроны.



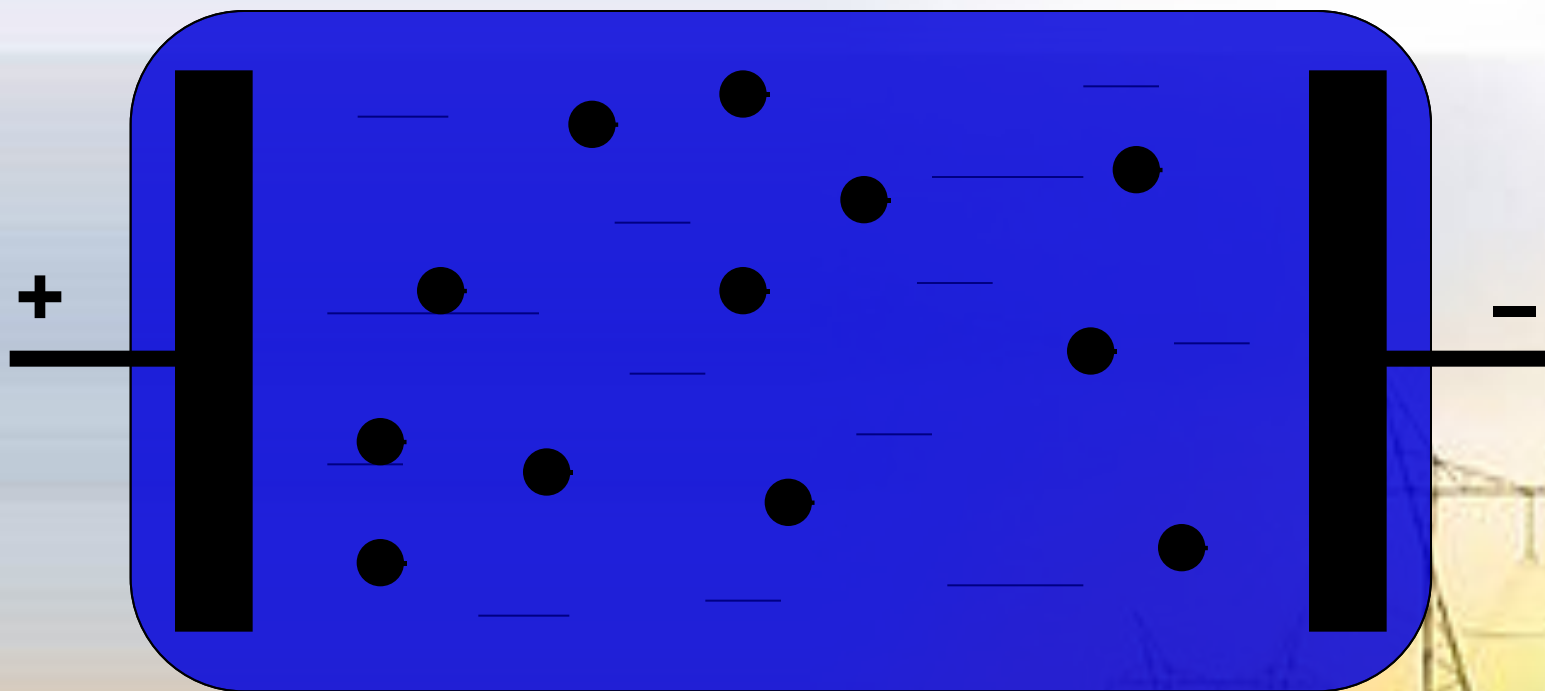
Электролиз

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**.



Электролиз



Закон электролиза

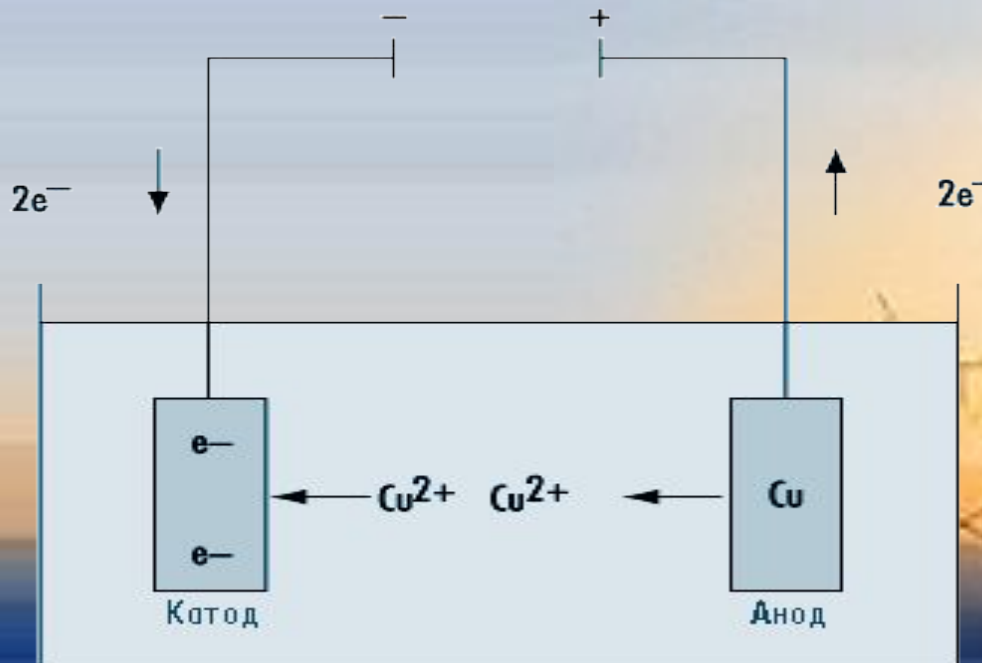
Масса m вещества, выделившегося на электроде, прямо пропорциональна заряду Q , прошедшему через электролит:

$$m = kQ = kIt.$$

Это **закон электролиза**.

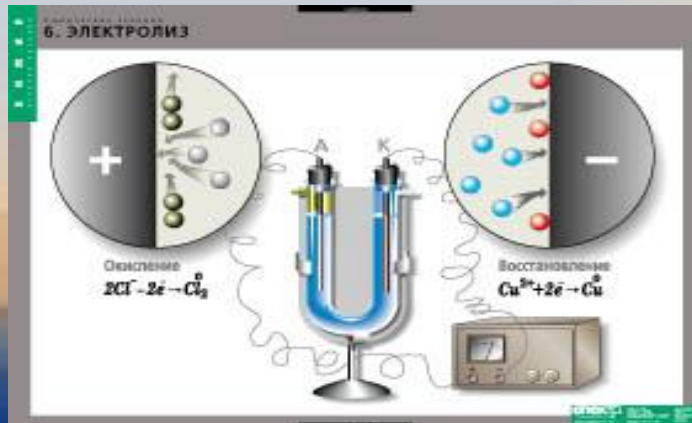
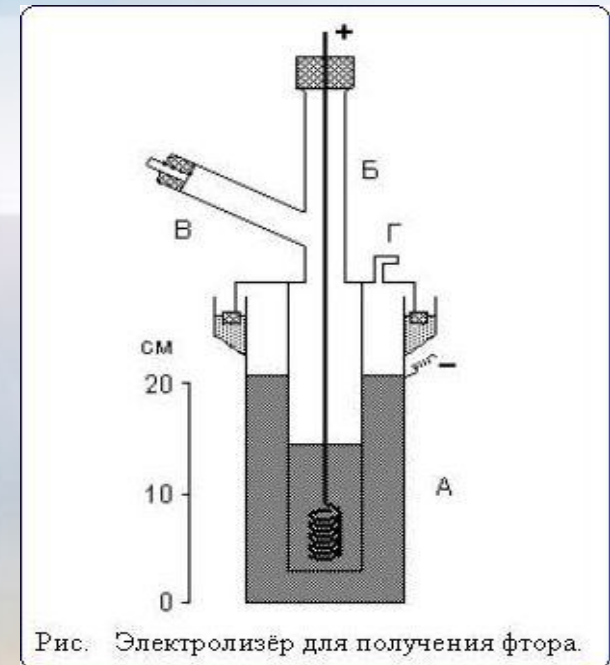
Величину k называют **электрохимическим эквивалентом**.

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



Применение электролиза

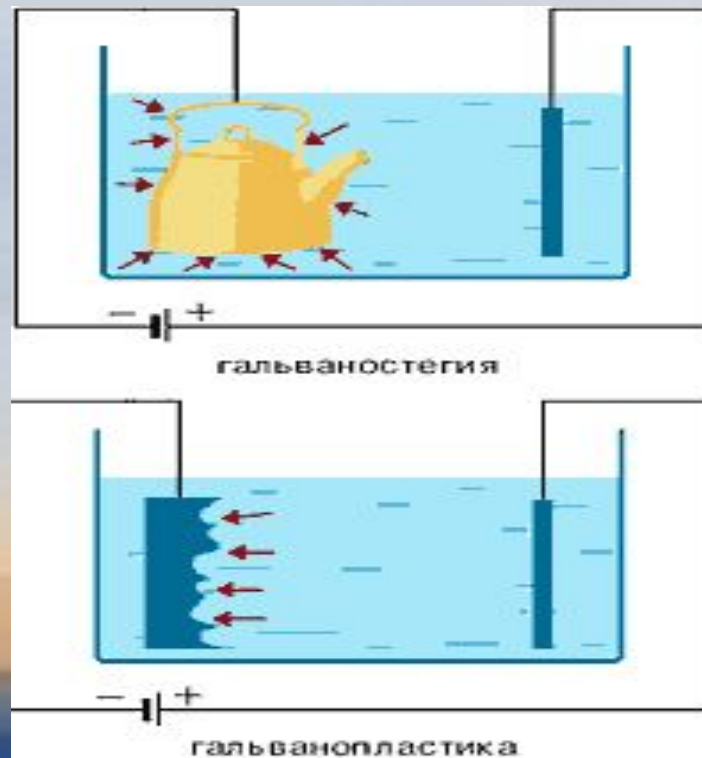
Путём электролиза воды производят водород и кислород. Электрохимический метод используется для синтеза органических соединений различных классов и многих окислителей (персульфатов, перманганатов, перхлоратов, перфторорганических соединений и др.).



Гальванопластика

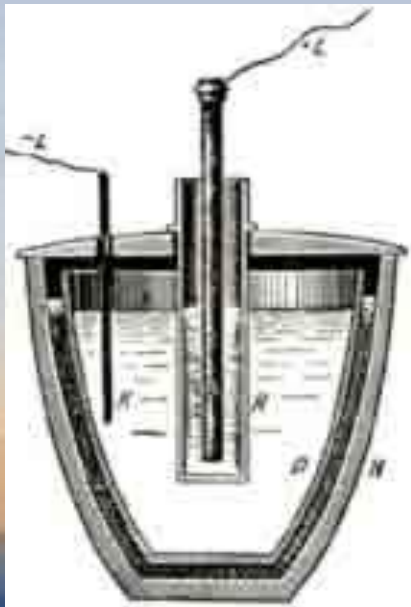
Гальванотехника - область прикладной электрохимии, занимающаяся процессами нанесения металлических покрытий на поверхность как металлических, так и неметаллических изделий при прохождении постоянного электрического тока через растворы их солей.

Гальванотехника подразделяется на гальваностегию и гальванопластику.



Гальванопластика

Гальванопластика - получение путем электролиза точных, легко отделяемых металлических копий относительно значительной толщины с различных как неметаллических, так и металлических предметов, называемых матрицами. Гальванопластику используют для нанесения сравнительно толстых металлических покрытий на другие металлы (например, образование «накладного слоя никеля, серебра, золота и т. д.»). Гальванопластика была разработана русским ученым Б.С.Якоби, который в 1836 году применил этот способ для изготовления полых фигур для Исаакиевского собора.



Гальваностегия

Гальваностегия- электроосаждение на поверхность металла другого металла, который прочно связывается (сцепляется) с покрываемым металлом(предметом), служащим катодом электролизера.



Электрометаллургия

Электрометаллургия – это способы получения металлов с помощью электрического тока из расплавов их оксидов, гидроксидов, солей

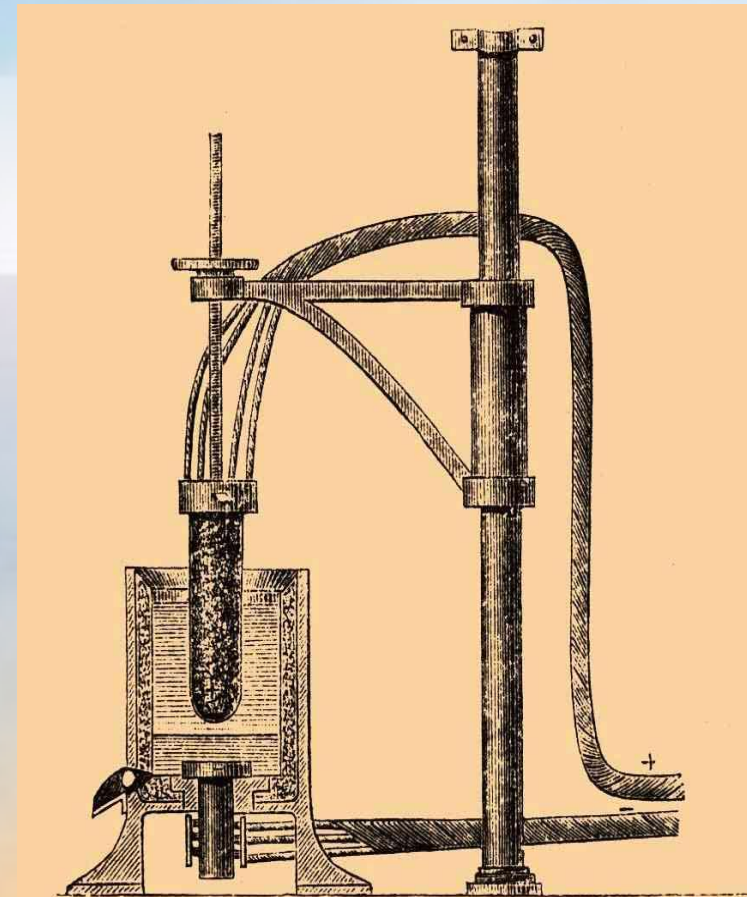


Получение алюминия

В цветной металлургии электролиз используется для **извлечения металлов** из руд и их **очистки**. Электролизом расплавленных сред получают алюминий, магний, титан, цирконий, уран, бериллий и др.

Роберт Вильгельм Бунзен и Анри Этьенн Сент-Клер Деви́ль в 1855 г. получили алюминий электролизом расплава смеси хлорида алюминия и хлорида натрия.

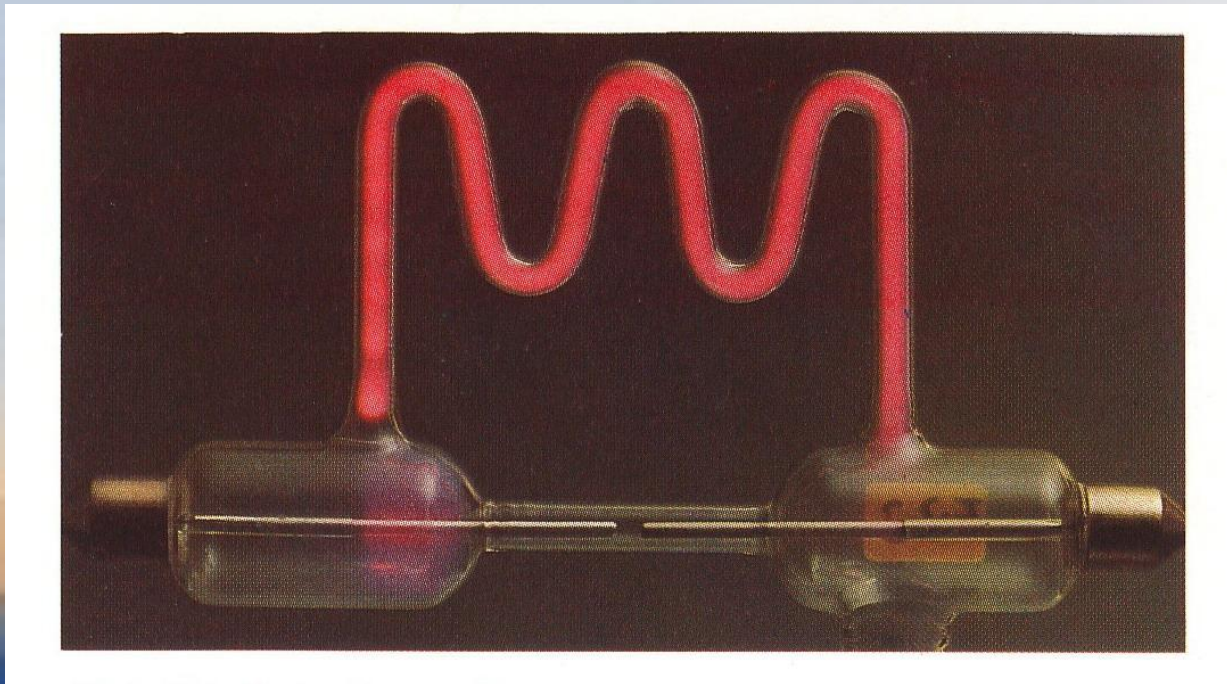
В 1886 г. Чарльз Мартин Холл и Поль Эру разработали способ получения алюминия электролизом оксида алюминия в расплаве криолитом при 950 °С.



Фиг. 3. Приборъ для полученія алюминія изъ криолита и глинозема при дѣйствіи сильнаго гальваническаго тока.



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**.



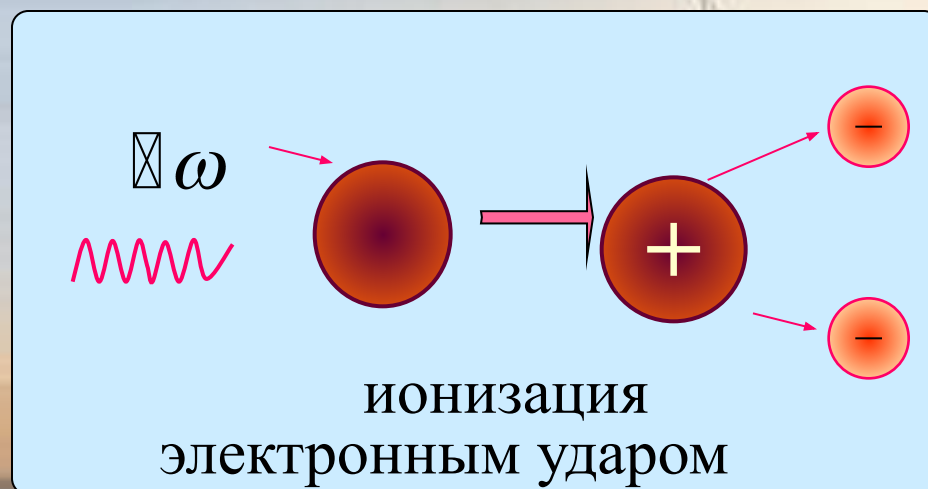
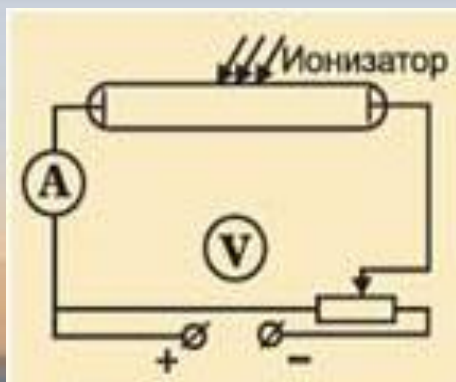
Электрический ток в газах

- 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



Ионизация электронным ударом

Ионизация электронным ударом происходит при столкновении электрона с атомом только в том случае, когда электрон на длине свободного пробега (λ) приобретает кинетическую энергию, достаточную для совершения работы отрыва электрона от атома.

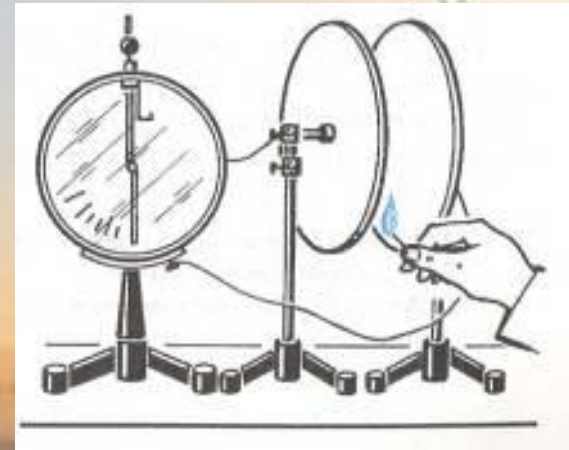
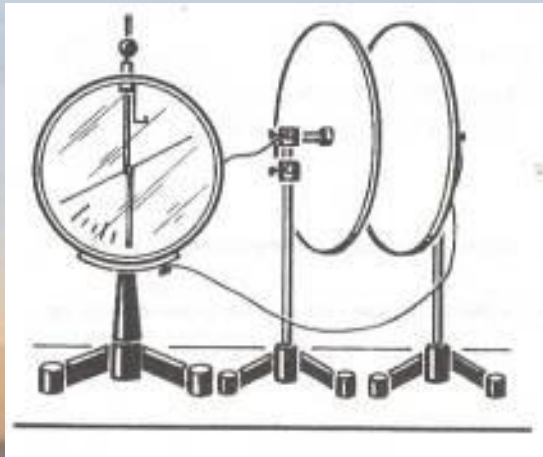


Термическая ионизация

Термическая ионизация – процесс возникновения свободных электронов и положительных ионов в результате столкновений при высокой температуре.

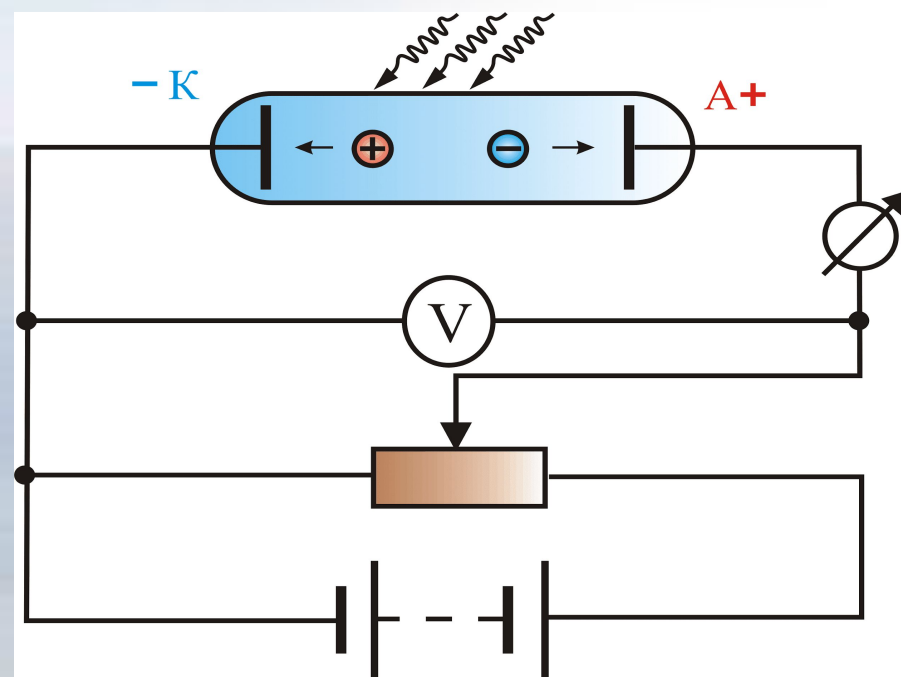
Вследствие нагревания часть атомов ионизируется – распадается на положительно заряженные ионы и электроны

Конденсатор разряжается при нагревании воздуха между дисками конденсатора



Фотоионизация

Ионизация атомов и молекул под действием света называется фотоионизацией.



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*



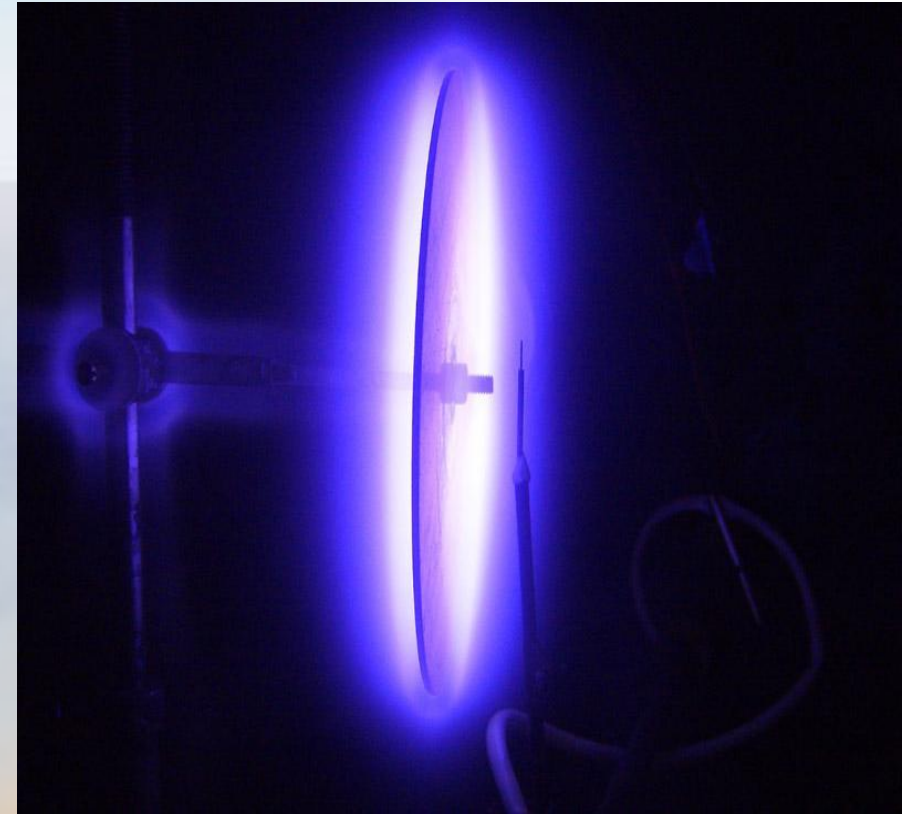
Тлеющий разряд

- 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



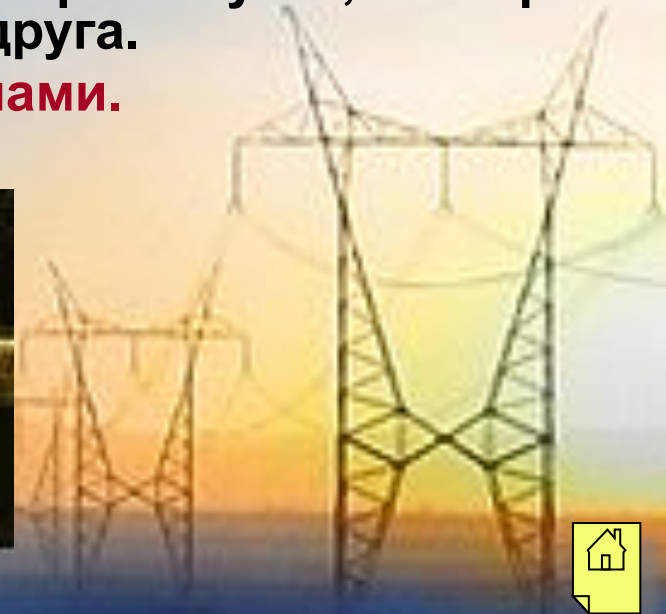
Применение тлеющего разряда

- В ионных и электронных рентгеновских трубках
- Как источник света в газоразрядных трубках
- Для катодного распыления металлов
- Для изготовления высококачественных металлических зеркал
- В газовых лазерах



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**.



Примеры искровых разрядов

- разряд конденсатора;
- искры при расчесывании волос
- МОЛНИЯ.



Молния

- Красивое и небезопасное явление природы – молния – представляет собой искровой разряд в атмосфере. Уже в середине 18-го века высказалось предположение, что грозовые облака несут в себе большие электрические заряды и что молния есть гигантская искра. Это было доказано на опыте 1752-53 г.г. Ломоносовым и американским ученым Бенджаминем Франклином (1706-90), работавшими одновременно и независимо друг от друга.



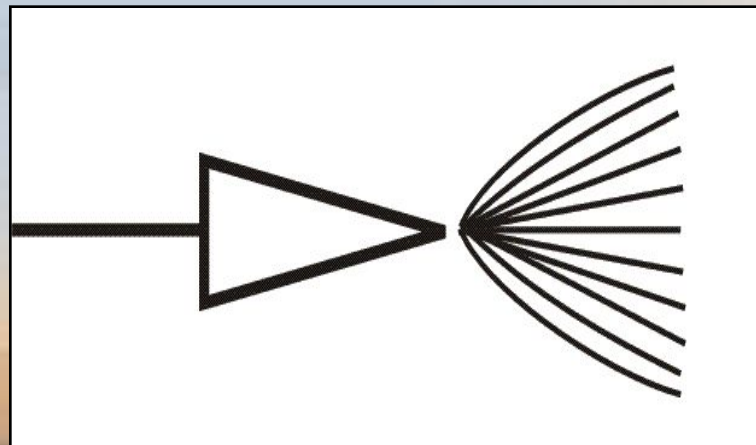
Шаровая молния

Особый вид молнии — шаровая молния, светящийся сфероид, обладающий большой удельной энергией, образующийся нередко вслед за ударом линейной молнии. Длительность существования шаровой молнии от секунд до минут, а исчезновение молнии может сопровождаться взрывом, вызывающим разрушения. Природа шаровой молнии ещё не выяснена. Молнии, как линейная, так и шаровая, могут быть причиной тяжёлых поражений и гибели людей.



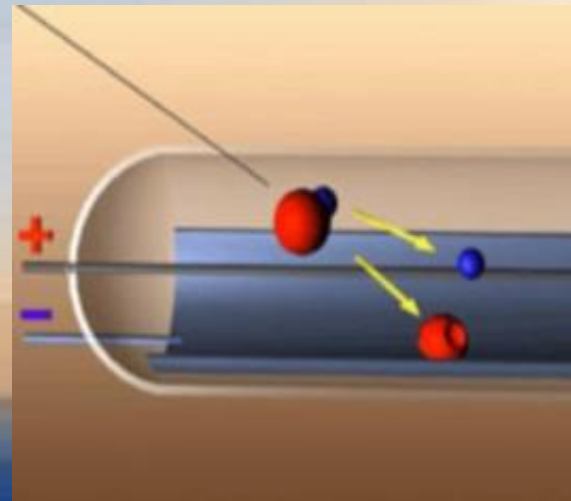
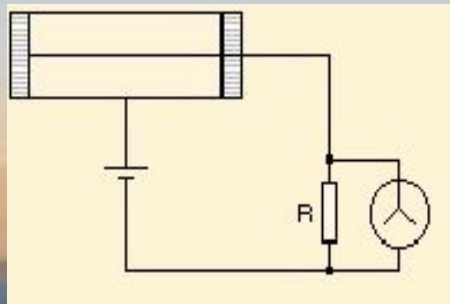
Коронный разряд

- 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 проволочка, острие).
- Газ светится, образуя «корону», окружающую электрод.
- Коронные разряды являются источниками радиопомех и вредных токов утечки около высоковольтных линий передач (основной источник потерь).



Применение коронного разряда

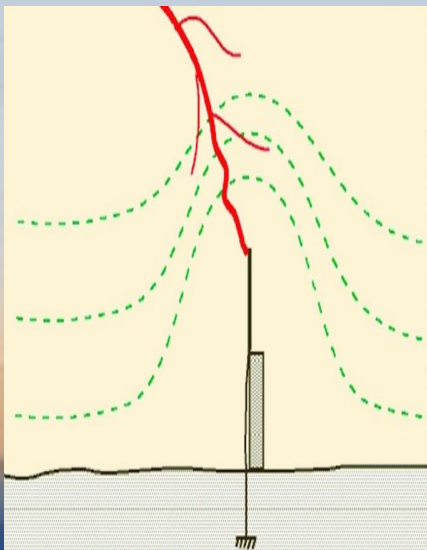
Счетчики элементарных частиц. Подобные счетчики позволяют регистрировать не только быстрые электроны, но и вообще любые заряженные, быстро движущиеся частицы, способные производить ионизацию путем соударений. Современные счетчики легко обнаруживают попадание в них даже одной частицы и позволяют поэтому с полной достоверностью и очень большой наглядностью убедиться, что в природе действительно существуют элементарные заряженные частицы.



Применение коронного разряда

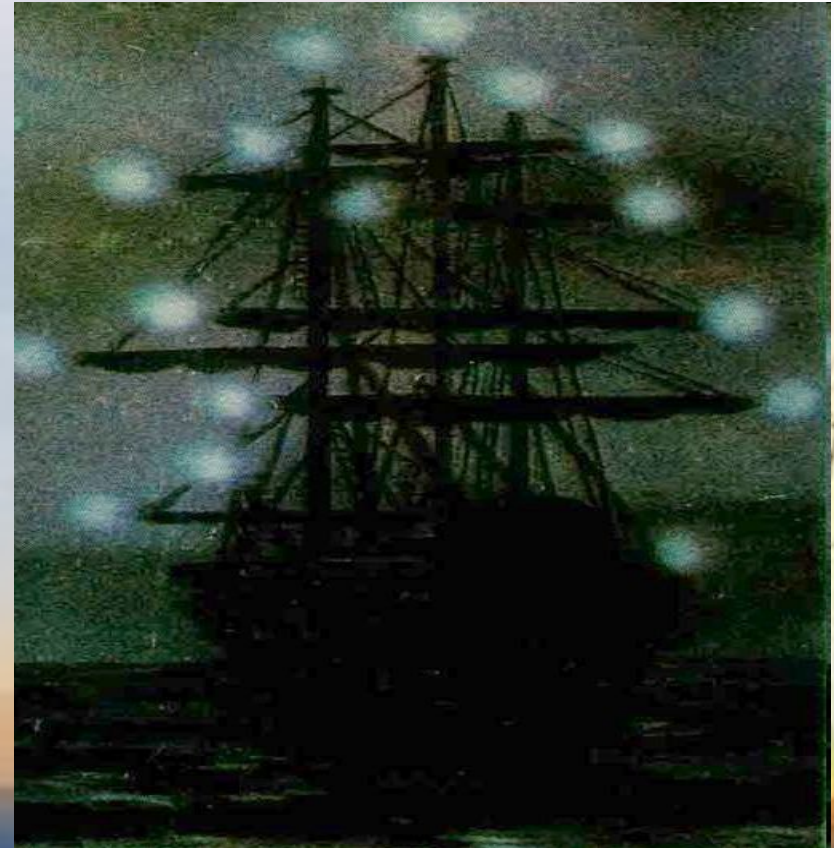
Громоотвод. Подсчитано, что в атмосфере всего земного шара происходит одновременно около 1800 гроз, которые дают в среднем около 100 молний в секунду. Около половины всех аварий в крупных линиях электропередачи вызывается молниями. Поэтому, защита от молнии представляет собой важную задачу.

Ломоносов и Франклин не только объяснили электрическую природу молнии, но и указали, как можно построить громоотвод, защищающий от удара молнии. Громоотвод представляет собой длинную проволоку, верхний конец которой заостряется и укрепляется выше самой высокой точки защищаемого здания. Нижний конец проволоки соединяют с металлическим листом, а лист закапывают в Землю на уровне почвенных вод. Во время грозы на Земле появляются большие индуцированные заряды и у поверхности Земли появляется большое электрическое поле. Напряженность его очень велика около острых проводников, и поэтому на конце громоотвода зажигается коронный разряд. Вследствие этого индуцированные заряды не могут накапливаться на здании и молнии не происходит. В тех же случаях, когда молния все же возникает (а такие случаи очень редки), она ударяет в громоотвод и заряды уходят в Землю, не причиняя вреда зданию.



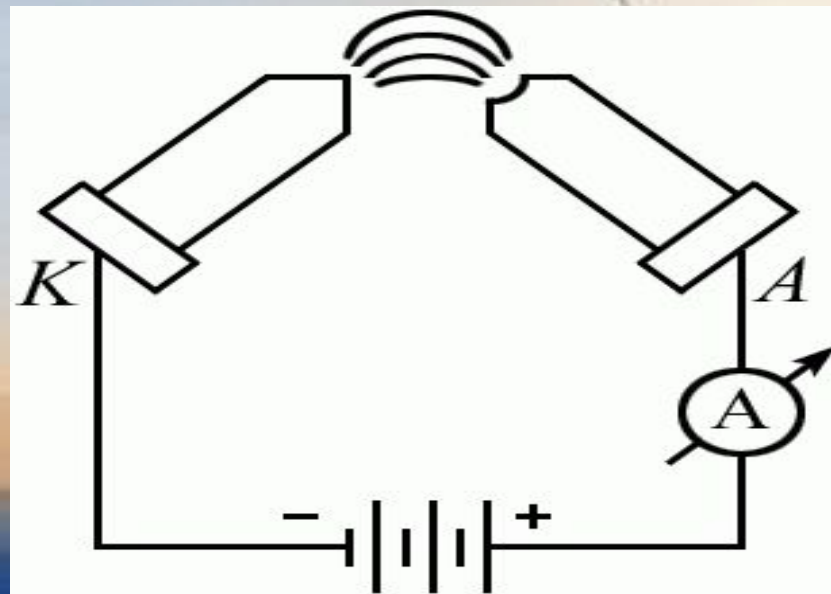
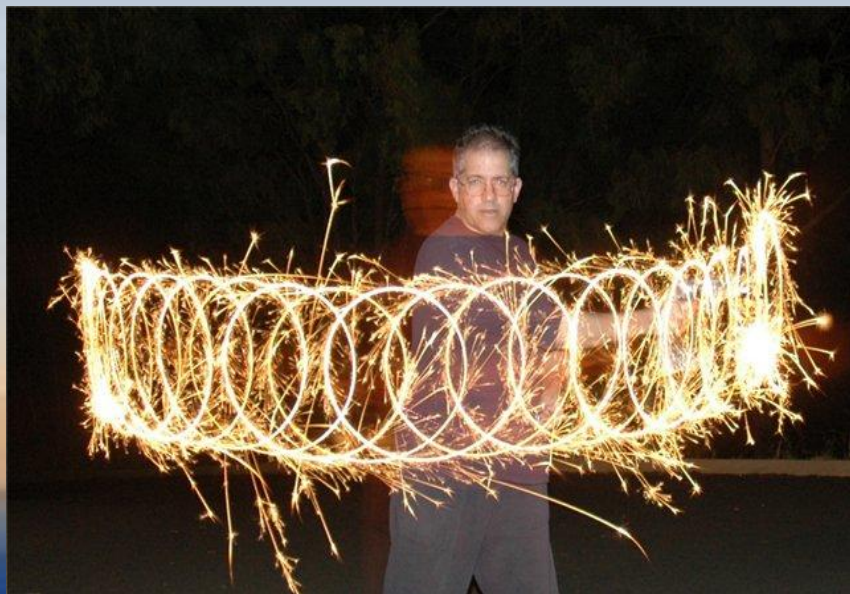
Электрический ток в газах

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»)



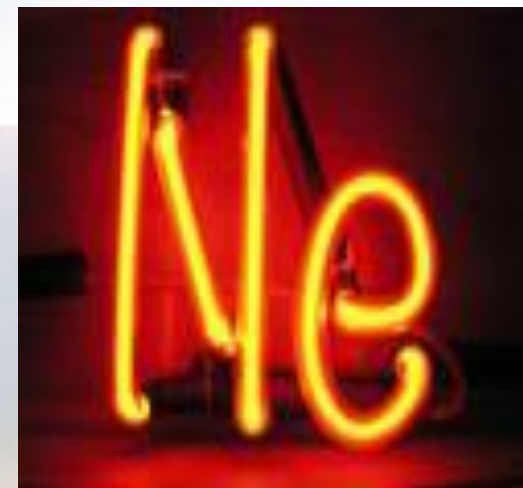
Дуговой разряд

- 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*.
- $P_{ат}$
- $U=50-100 \text{ В}$
- $I = 100 \text{ А}$



Применение дугового разряда

Освещение. Вследствие высокой температуры электроды дуги испускают ослепительный свет (свечение столба дуги слабее, так как излучающая способность газа мала), и поэтому электрическая дуга является одним из лучших источников света. Она потребляет всего около 3 Вт на канделу и является значительно более экономичной, нежели наилучшие лампы накаливания. Электрическая дуга впервые была использована для освещения в 1875 году русским инженером-изобретателем П.Н. Яблочкиным (1847-1894) и получила название «русского света» или «северного света».



Применение дугового разряда

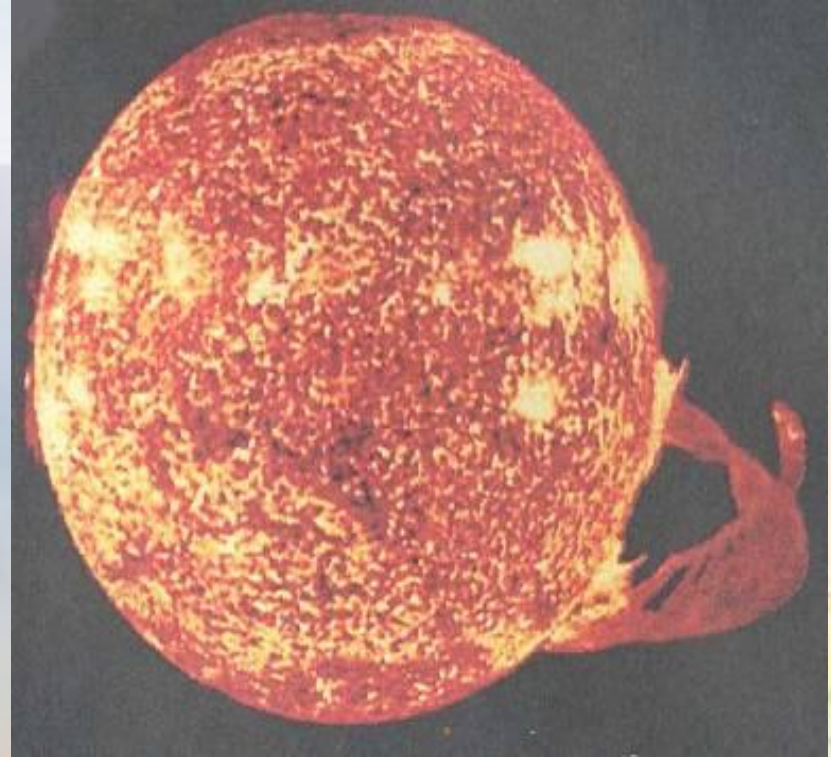
Сварка. Электрическая дуга применяется для сварки металлических деталей. Свариваемые детали служат положительным электродом; касаясь их углем, соединенным с отрицательным полюсом источника тока, получают между телами и углем дугу, плавящую металл.

Ртутная дуга. Большой интерес представляет ртутная дуга, горящая в кварцевой трубке, так называемая кварцевая лампа. В этой лампе дуговой разряд происходит не в воздухе, а в атмосфере ртутного пара, для чего в лампу вводят небольшое количество ртути, а воздух откачивают. Свет ртутной дуги чрезвычайно богат ультрафиолетовыми лучами, обладающими сильным химическим и физиологическим действием. Чтобы можно было использовать это излучение, лампу делают не из стекла, которое сильно поглощает УФО, а из плавленого кварца. Ртутные лампы широко используют при лечении разнообразных болезней, а также при научных исследованиях как сильный источник ультрафиолетового излучения.



Плазма

- Плазма – это частично или полностью ионизованный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы.
- низкотемпературная, $T < 10^5 \text{ K}$;
- высокотемпературная, $T > 10^5 \text{ K}$.
- При $T = 20 \cdot 10^3$, $30 \cdot 10^3 \text{ K}$ любое вещество - плазма.

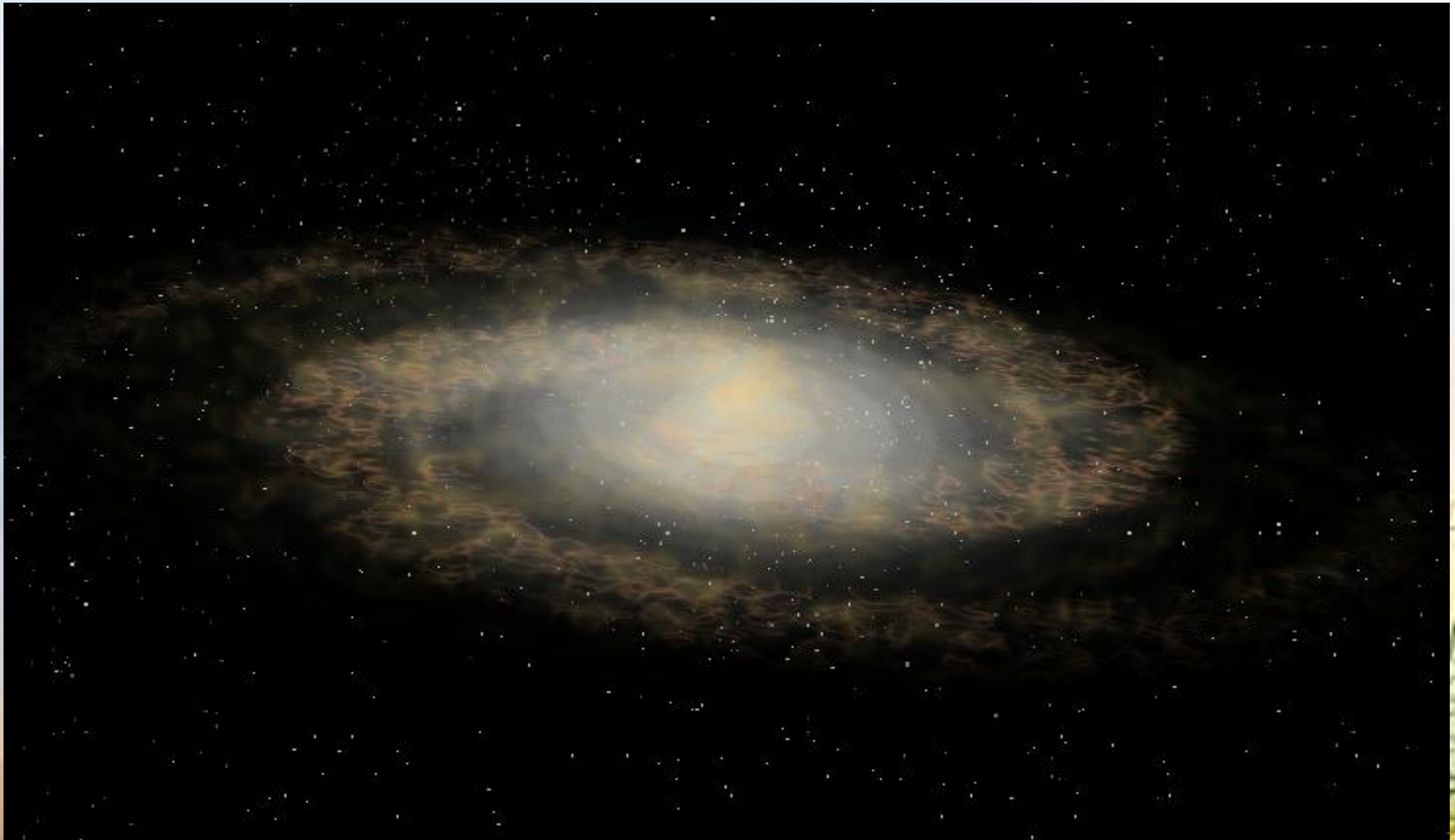


Электрический ток в газах

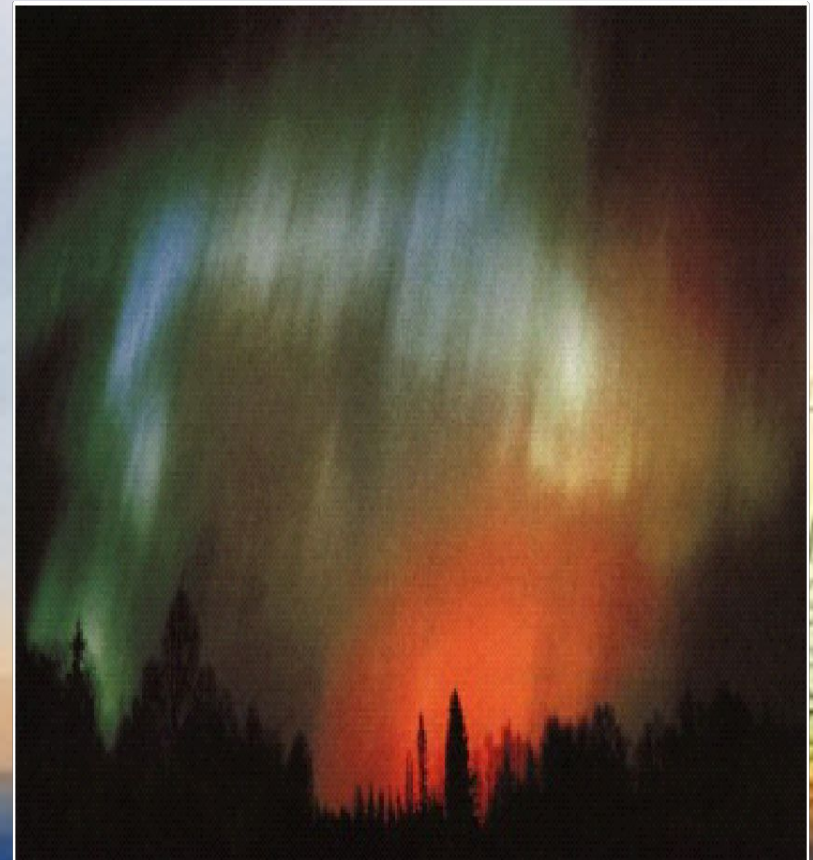
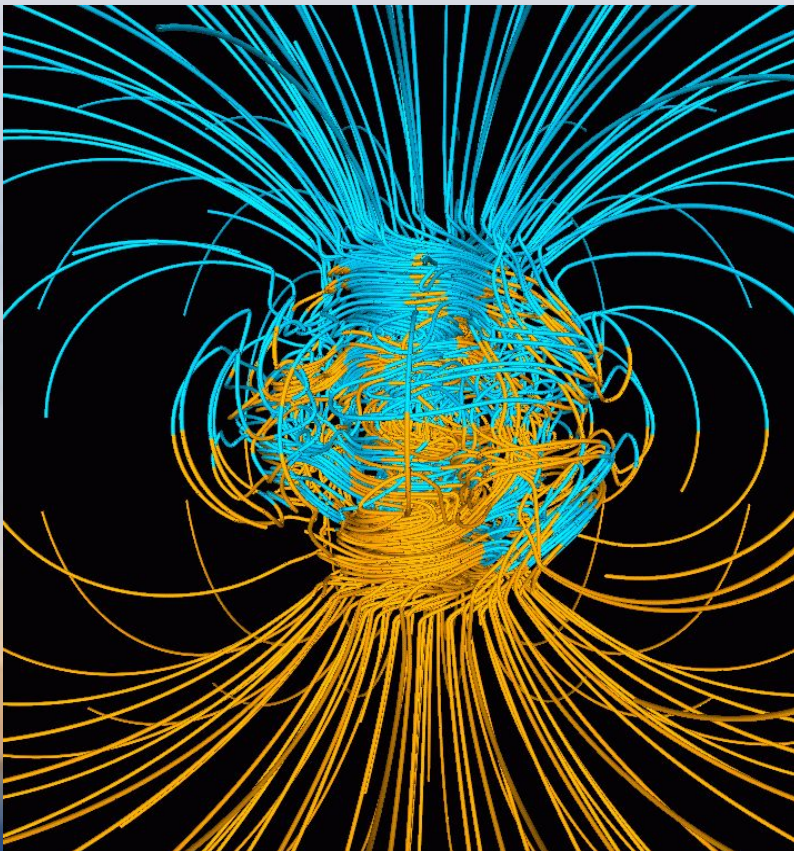
Плазма – наиболее распространенное состояние вещества во Вселенной. Солнце и другие звезды состоят из полностью ионизованной высокотемпературной плазмы. Основным источником энергии излучения звезд – термоядерные реакции синтеза, протекающие в недрах звезд при огромных температурах.



- Холодные туманности и межзвездная среда также находятся в плазменном состоянии.

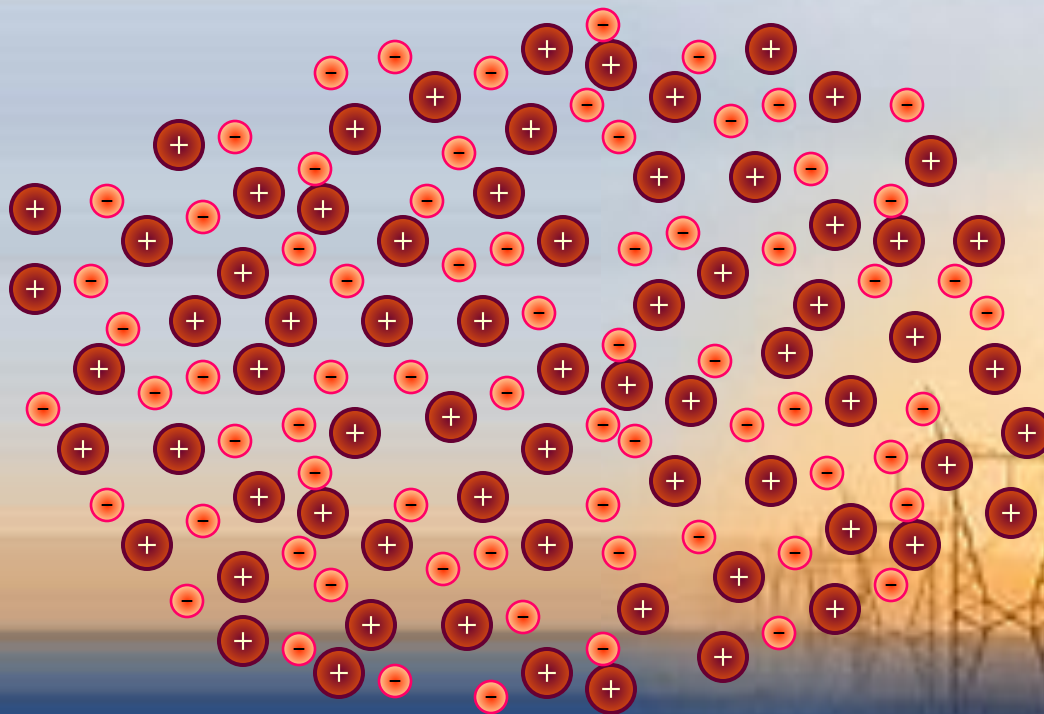


В околоземном пространстве слабоионизованная плазма находится в радиационных поясах и ионосфере Земли. С процессами, происходящими в этой плазме, связаны такие явления, как магнитные бури, нарушения дальней радиосвязи и полярные сияния.



Важнейшие свойства плазмы

- а) **сильное** взаимодействие с внешними магнитными и электрическими полями, связанное с ее высокой электропроводностью;
- б) **специфическое коллективное взаимодействие частиц** плазмы, осуществляющееся через усредненные электрические и магнитные поля, которые создают сами эти частицы
- д) **удельная электрическая проводимость** полностью ионизированной плазмы столь велика, что плазму можно приближенно считать идеальным проводником.



Термоядерный реактор

- Основной практический интерес к физике плазмы связан с решением проблемы **управляемого термоядерного синтеза** – **процесс слияния легких атомных ядер при высоких температурах** в управляемых условиях. Энергетический выход реактора составляет 105 кВт/м³.

Осуществление управляемой термоядерной реакции в высокотемпературной плазме позволит человечеству в будущем получить **практически неисчерпаемый источник энергии.**

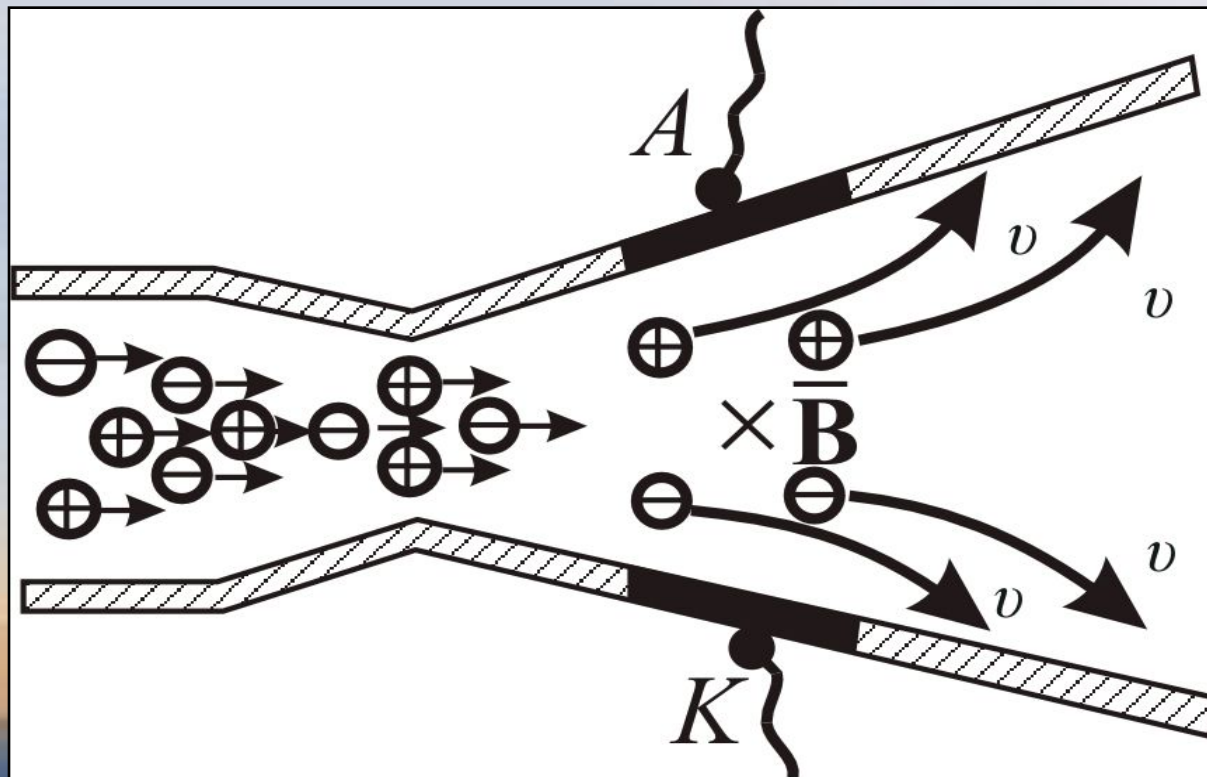


Схема токамака



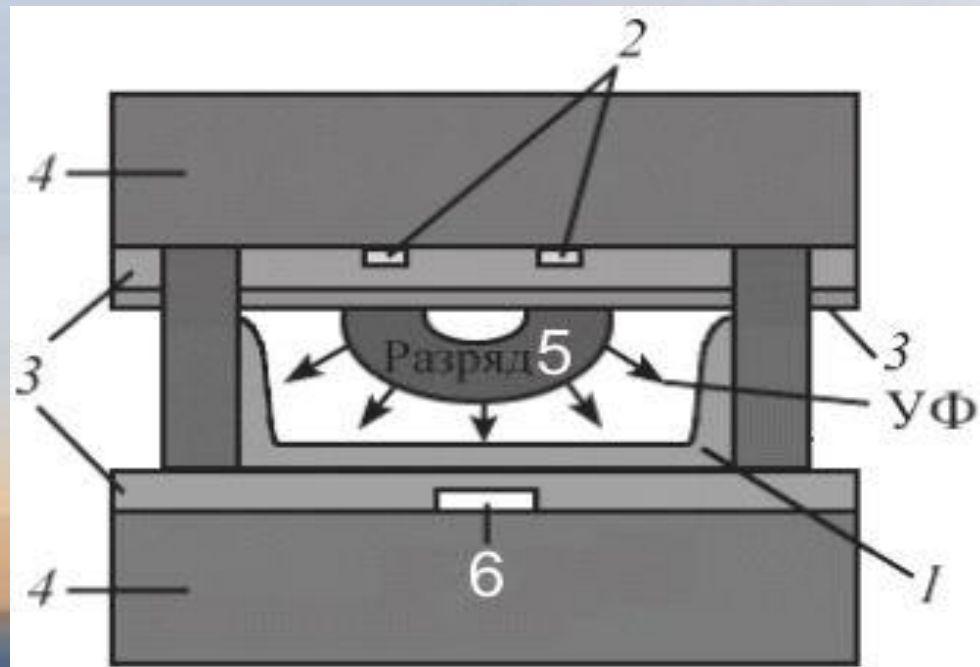
МГД - генератор

Движение плазмы в магнитном поле используется в методе прямого преобразования внутренней энергии ионизованного газа в электрическую. Этот метод осуществлен в ***магнитогазодинамическом генераторе***.



Электрический ток в газах

- Свойства плазмы излучать электромагнитные волны ультрафиолетового диапазона используются в современных телевизорах с плоским плазменным экраном.
- Ионизация плазмы в плоском экране происходит в газовом разряде. Разряд возникает при бомбардировке молекул газа электронами, ускоренными электрическим полем – самостоятельный разряд.
- Плоский телевизор с экраном из газоразрядных элементов содержит около миллиона маленьких плазменных ячеек, собранных в триады RGB – пиксели (*pixel – picture element*).



Электрический ток в вакууме



Вакуум

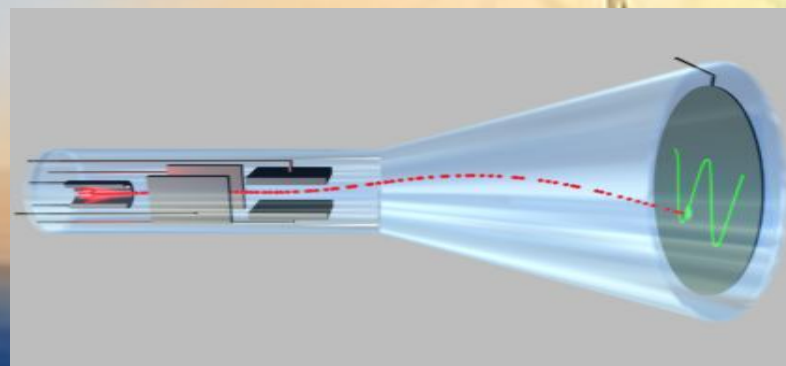
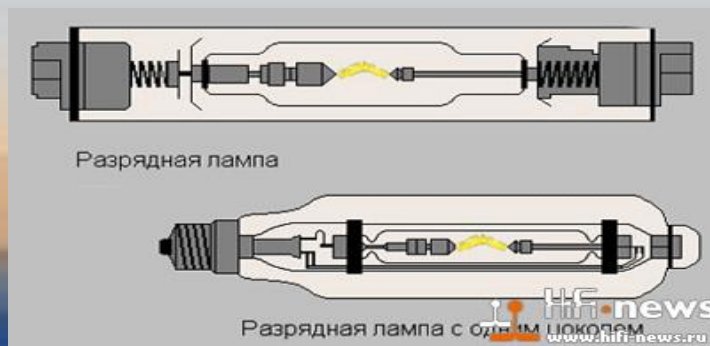
Вакуум - сильно разреженный газ, в котором средняя длина свободного пробега частицы больше размера сосуда. В результате в вакууме нет свободных носителей заряда, и самостоятельный разряд не возникает. Для создания носителей заряда в вакууме используют явление **термоэлектронной эмиссии**.



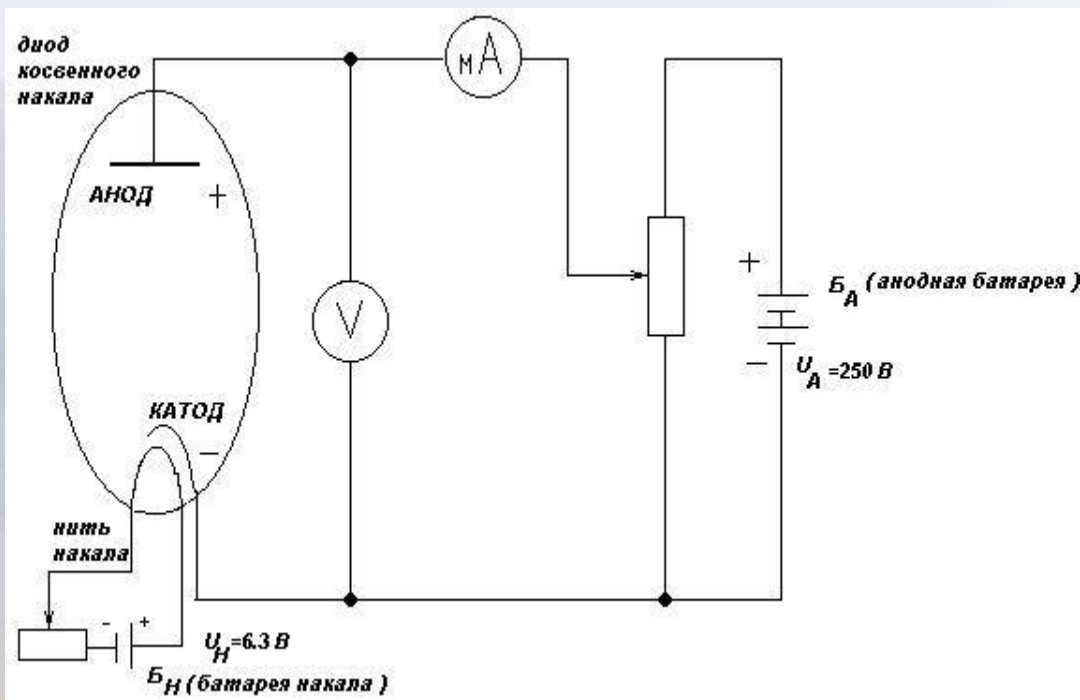
Термоэлектронная эмиссия

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**.



Вакуумный диод



Вакуумный диод обладает односторонней проводимостью. При изменении полярности включения $Б_A$, ток в анодной цепи не регистрируется.



Электрический ток в различных средах

Среды	Носители заряда
Металлы	Свободные электроны
Электролиты	Положительные и отрицательные ионы
Газ, плазма	Электроны и ионы
Вакуум	Электроны, вылетевшие в результате эмиссии с поверхности металла
Полупроводник и	Электроны и дырки

