

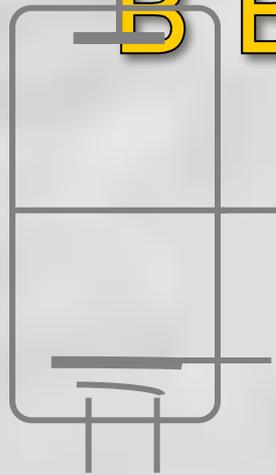
Электрический ток в различных средах

ГБПОУ «Тольяттинский медколледж»

Преподаватель физики: Думаева М.В.



Электрический ток в вакууме

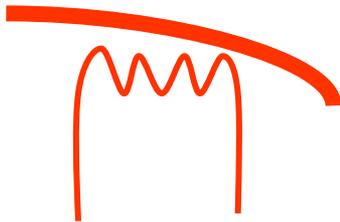


Вакуум. Явление термоэлектронной эмиссии

Чтобы ток в вакууме стал возможен, необходим источник свободных заряженных частиц

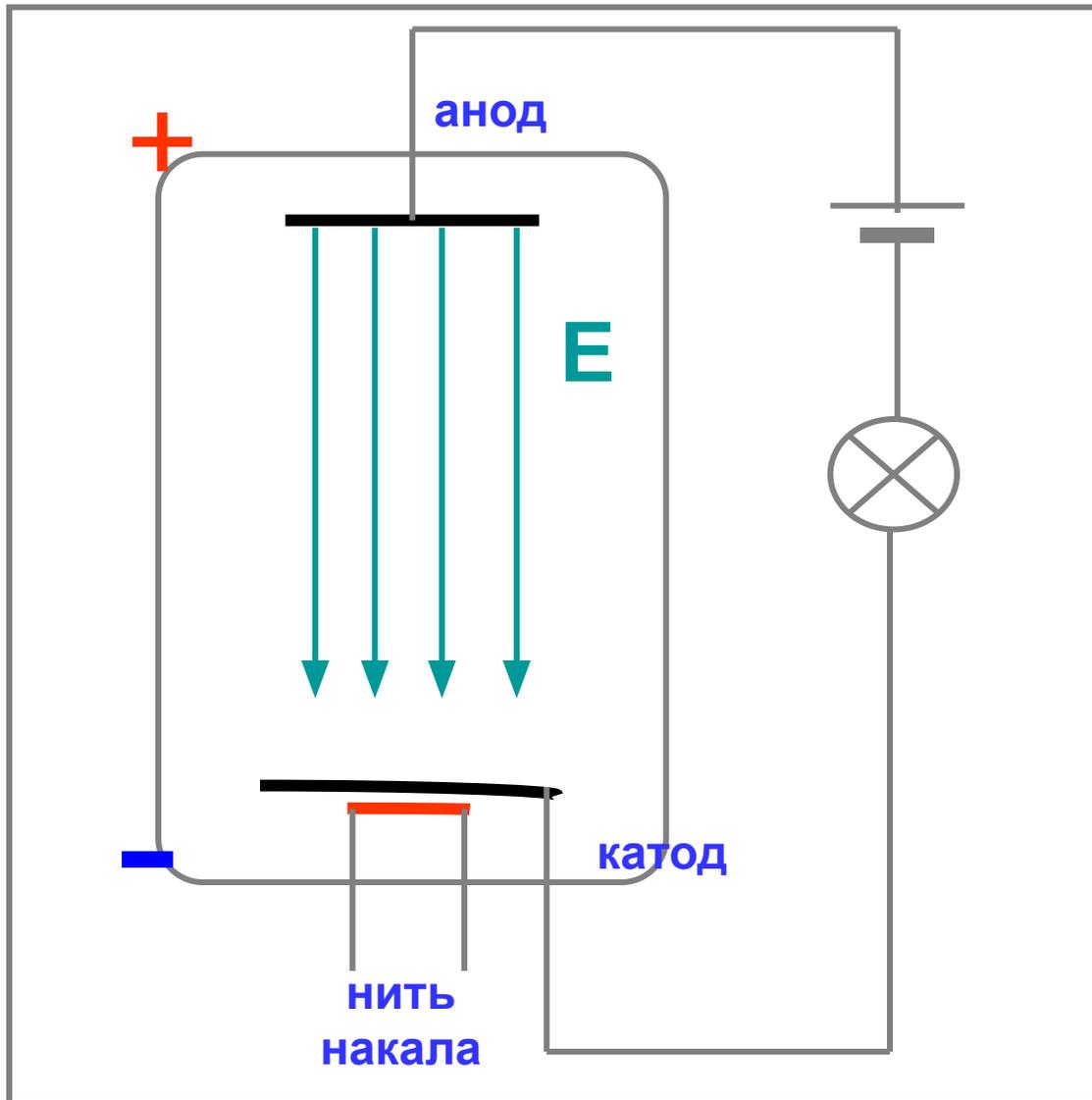
Таким **источником** в вакуумных приборах служит **разогретый до высокой температуры (1000 – 2000⁰С) катод**, из которого вылетают электроны.

Это явление получило название **термоэлектронной эмиссии**



Вакуумный диод и триод

Вакуумный диод

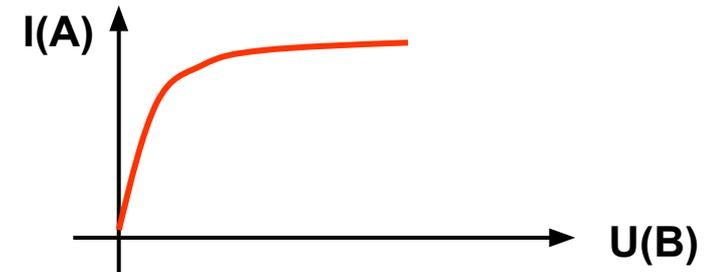


1. Прямое включение

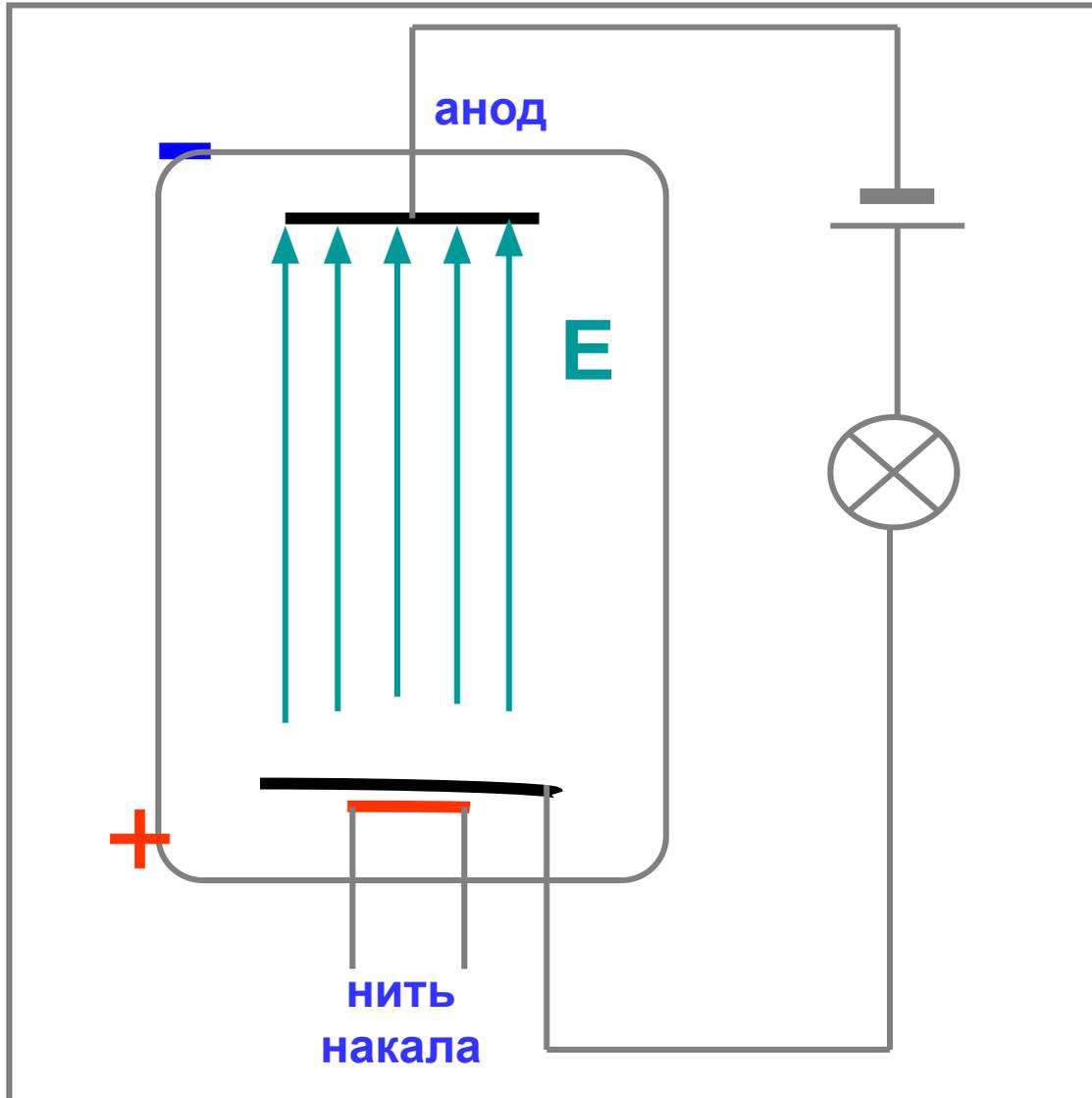
Электроны, вылетевшие из разогретого катода, устремляются к аноду, замыкая цепь

Вакуумный диод хорошо проводит ток в прямом направлении

При увеличении напряжения на аноде происходит **насыщение** – все электроны достигают анода



Вакуумный диод

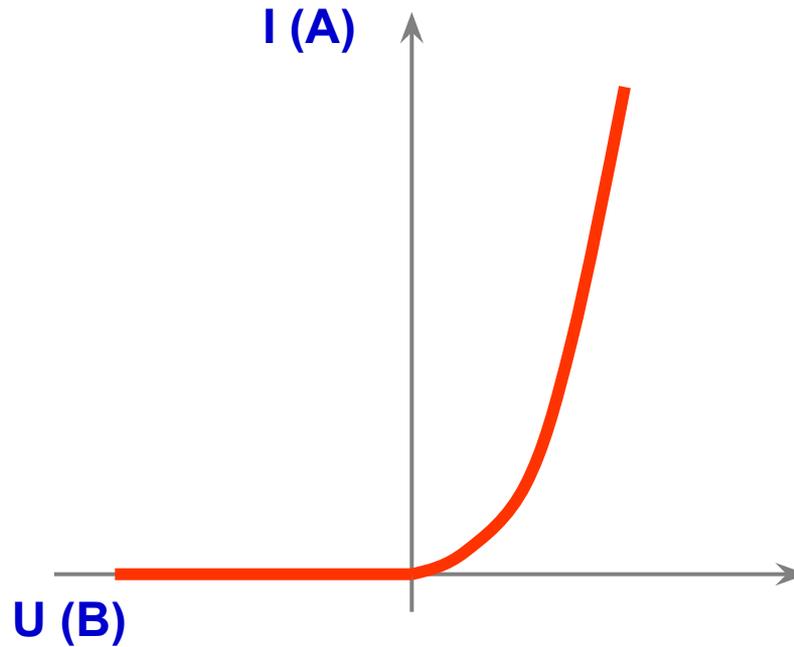


2. Обратное включение

Электроны, вылетевшие из разогретого катода, тормозятся электрическим полем и возвращаются к катоду

Вакуумный диод не проводит ток в обратном направлении

Вольт – амперная характеристика вакуумного диода (ВАХ)



Вакуумный диод обладает **односторонней проводимостью** и применяется для выпрямления переменного тока (кенотрон)



Вакуумный триод

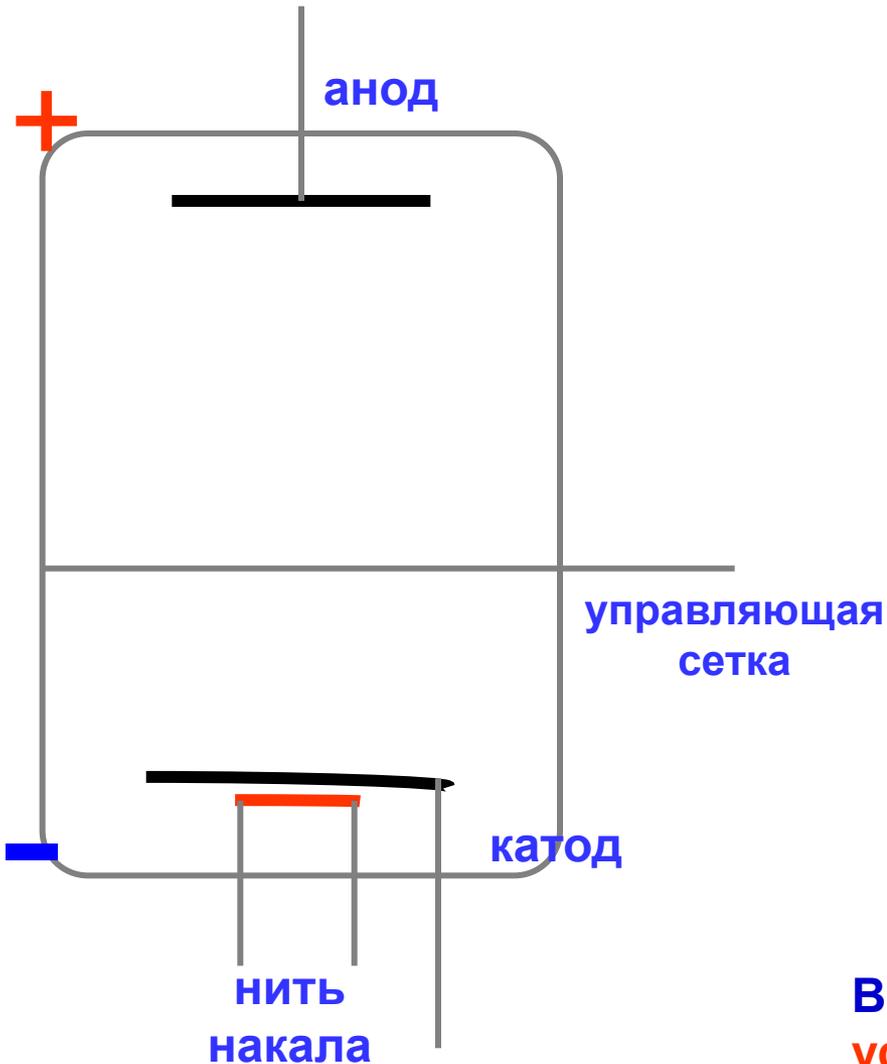
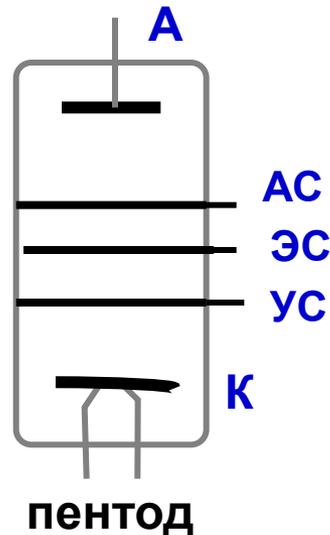
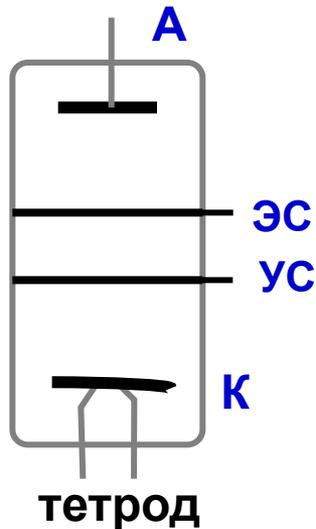


График изменения напряжения
между катодом и сеткой

График изменения анодного тока

Вакуумный триод обладает
усилительными свойствами

Различные радиолампы



А - анод

К - катод

УС – управляющая сетка

ЭС – экранирующая сетка

АС – защитная
(антидинаatronная) сетка

Существуют радиолампы с большим числом электродов (**гептод, октод** ...), а также совмещенные лампы (**триод – пентод, триод – триод** и т.д.)

Все они обладают усилительными свойствами и, хотя во многих случаях их заменили полупроводниковые элементы (транзисторы, диоды ...), радиолампы все еще широко используются, особенно при больших мощностях сигналов

Электрический ток в полупроводниках



Классификация веществ по проводимости

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

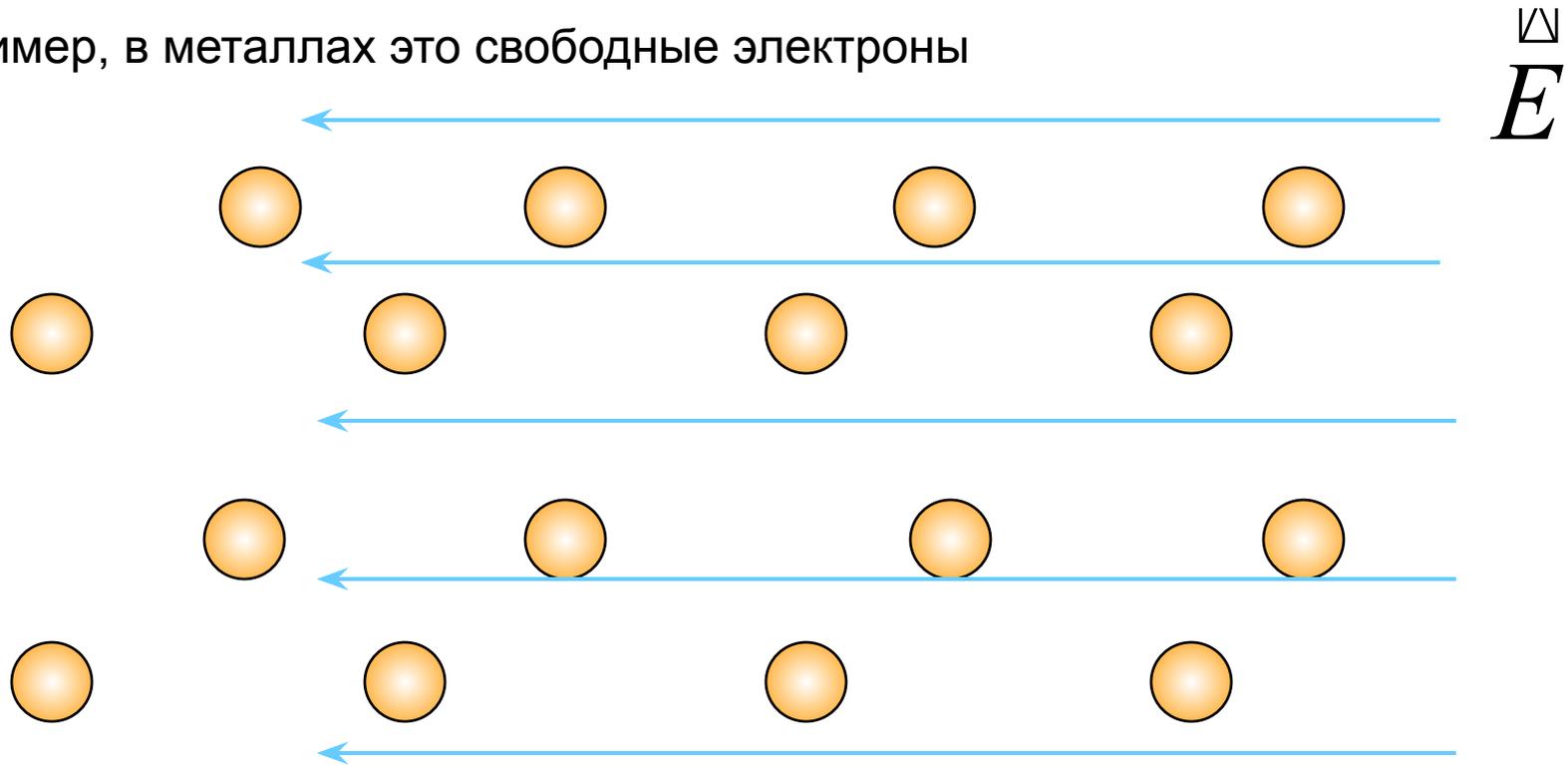
Si, Ge, Se, In, As

Практически не проводят электрический ток

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

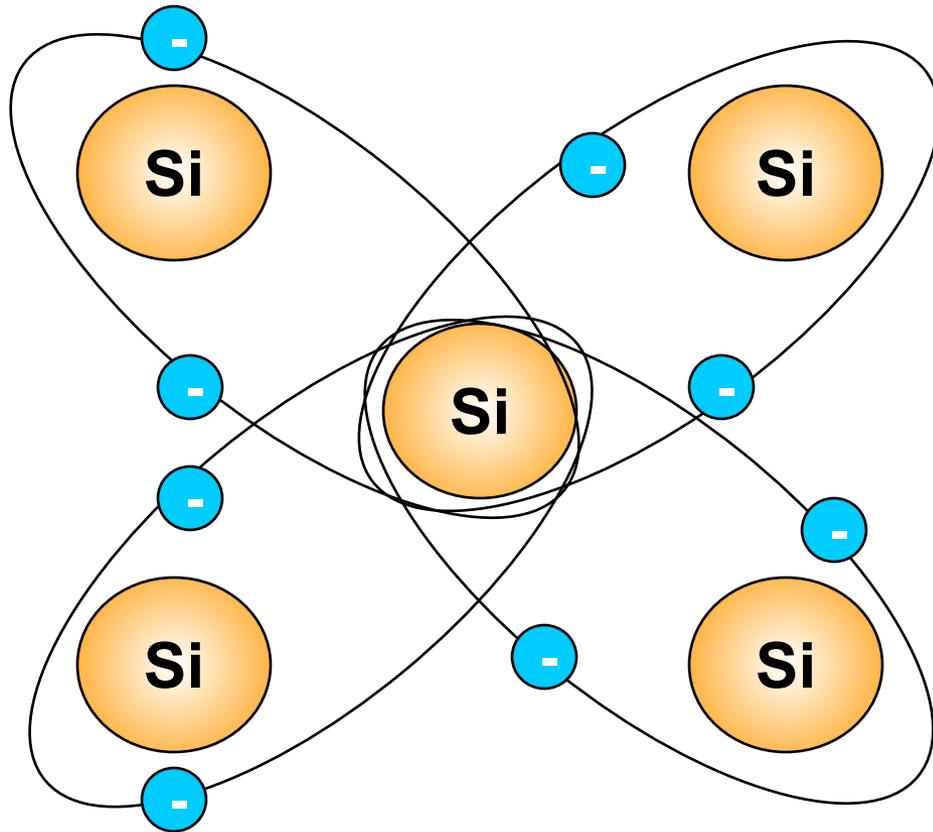
Вспомним, что проводимость веществ обусловлена наличием в них свободных заряженных частиц

Например, в металлах это свободные электроны



Собственная проводимость полупроводников

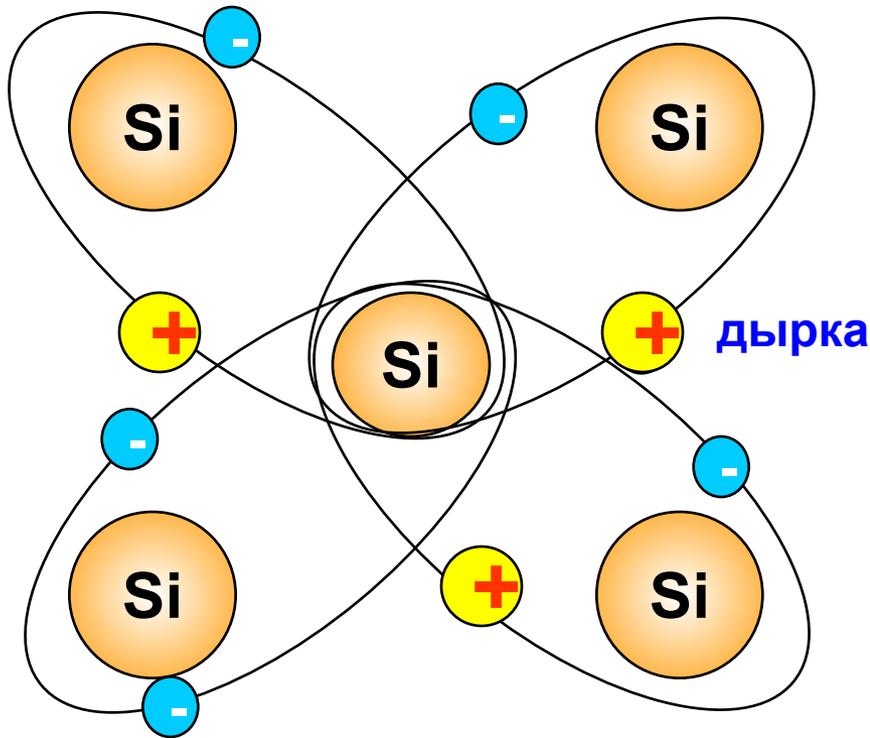
Рассмотрим проводимость полупроводников на основе кремния **Si**



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

Рассмотрим изменения в полупроводнике при увеличении температуры



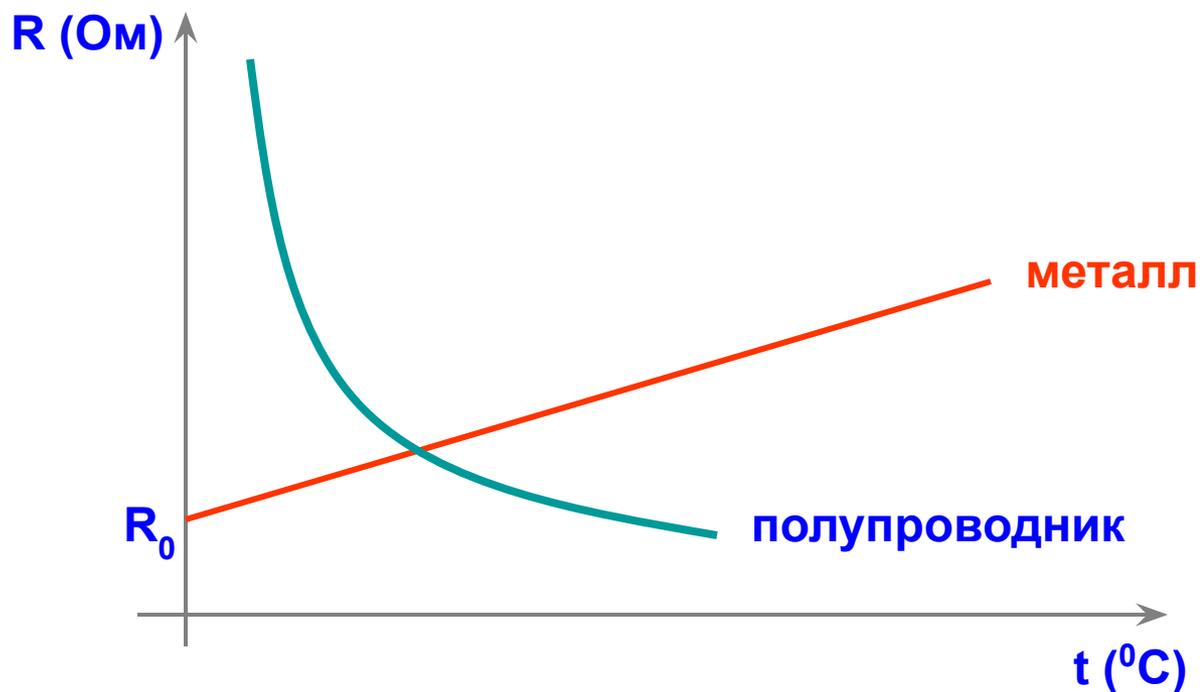
**свободный
электрон**

Под воздействием электрического поля электроны и дырки начинают упорядоченное (встречное) движение, образуя электрический ток

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**

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

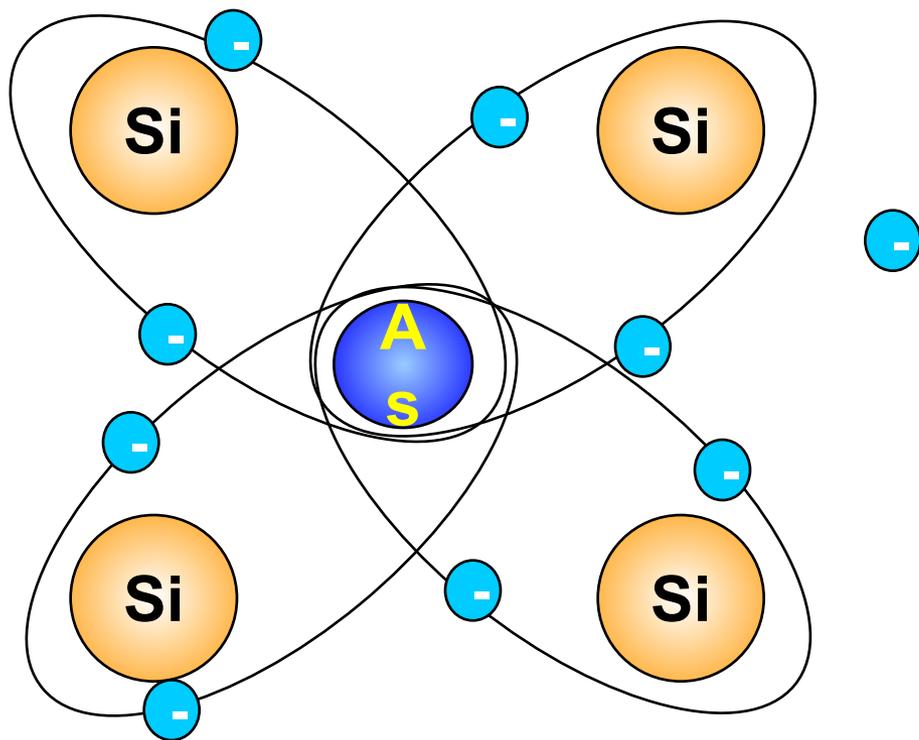
При **увеличении температуры** растет число свободных носителей заряда, **проводимость полупроводников растет**, сопротивление уменьшается



Примесная проводимость полупроводников

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

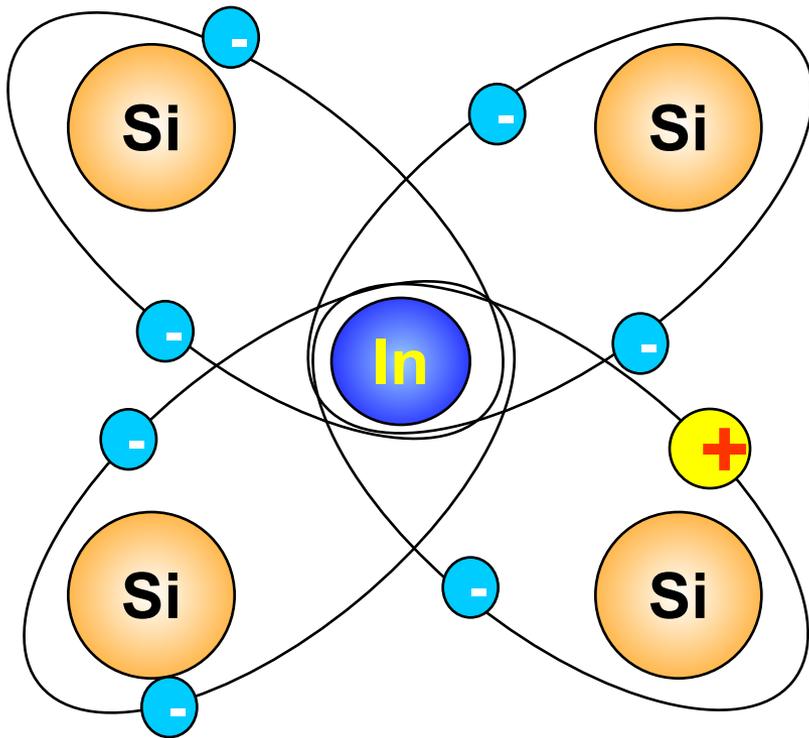
При легировании 4 – валентного кремния Si 5 – валентным мышьяком As, один из 5 электронов мышьяка становится **свободным**

Таким образом изменяя концентрацию мышьяка, можно в широких пределах изменять проводимость кремния

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**



Изменяя концентрацию индия, можно в широких пределах изменять проводимость кремния, создавая полупроводник с заданными электрическими свойствами

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

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



p - типа

**Основные носители заряда -
дырки**



n - типа

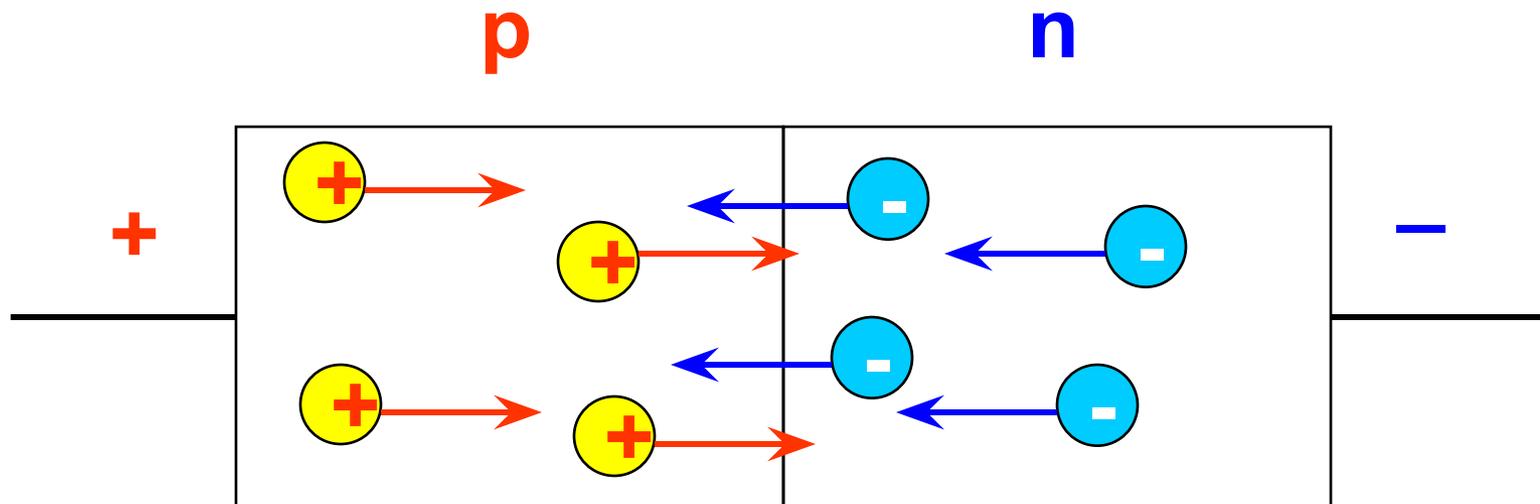
**Основные носители заряда -
электроны**

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

p – n переход и его электрические свойства

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

1. Прямое включение

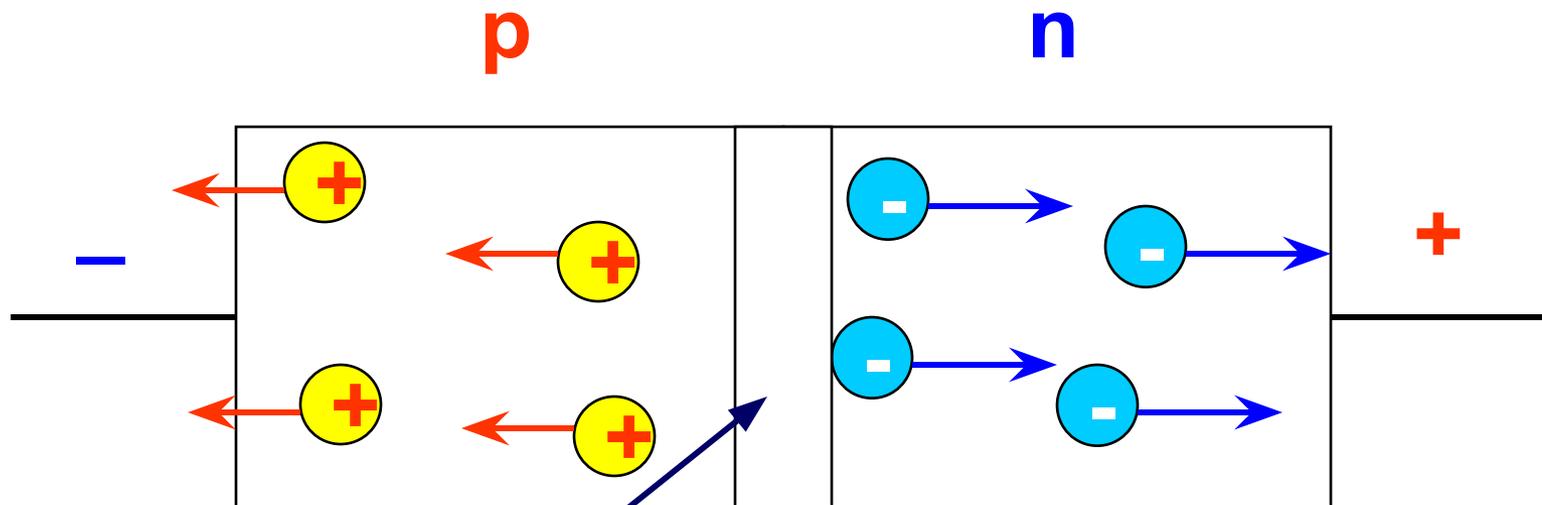


Ток через **p – n** переход осуществляется **основными носителями заряда** (дырки двигаются вправо, электроны – влево)

Сопротивление перехода мало, ток велик.

Такое включение называется **прямым**, в прямом направлении **p – n** переход **хорошо проводит электрический ток**

2. Обратное включение



Запирающий слой

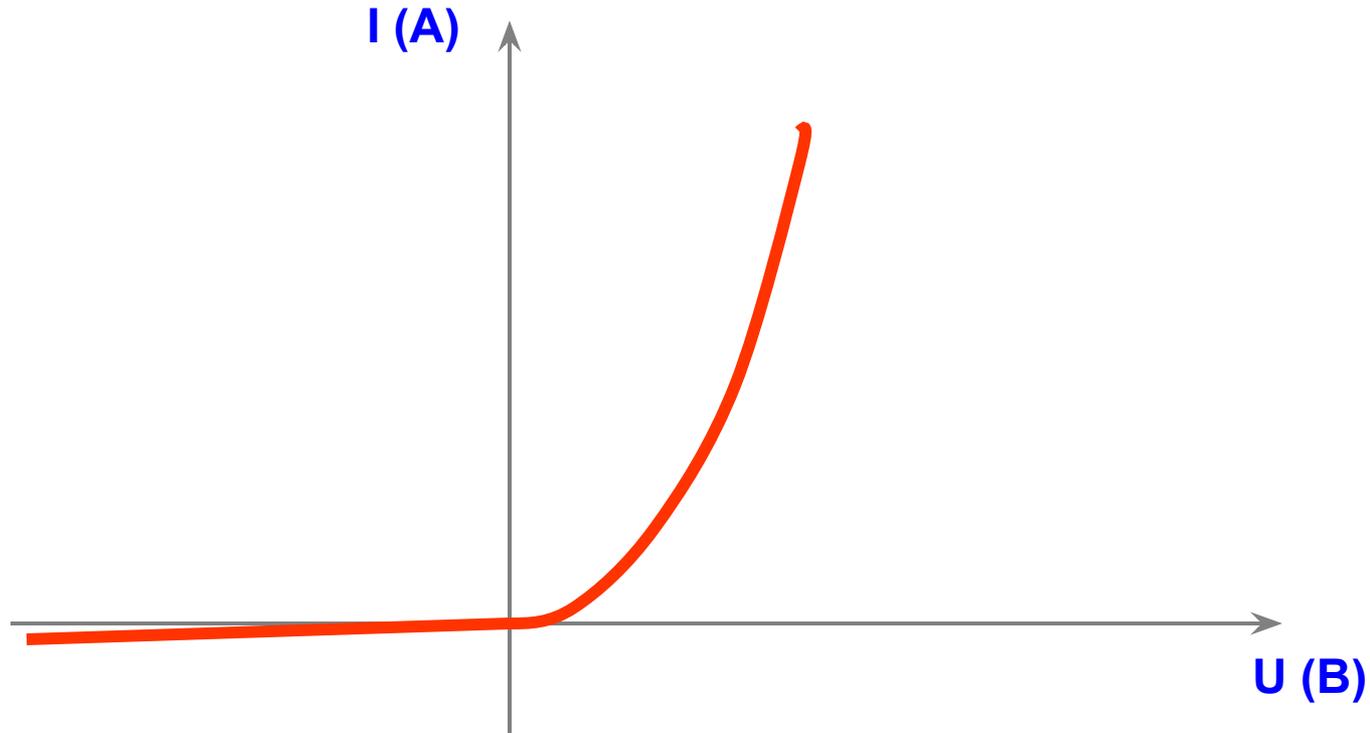
Основные носители заряда не проходят через $p-n$ переход

Сопротивление перехода велико, ток практически отсутствует

Такое включение называется **обратным**, в обратном направлении $p-n$ переход **практически не проводит электрический ток**

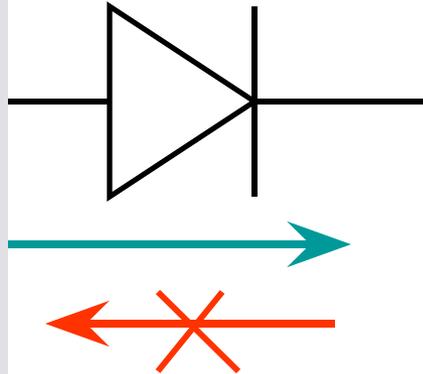
Итак, основное свойство $p-n$ перехода заключается в его **односторонней проводимости**

Вольт – амперная характеристика $p-n$ перехода (ВАХ)



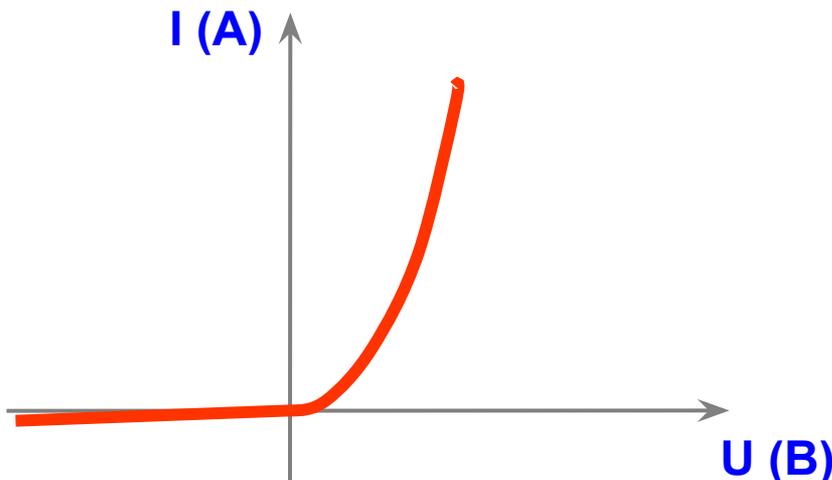
Полупроводниковый диод и его применение

Полупроводниковый диод – это **p – n** переход, заключенный в корпус



Обозначение полупроводникового диода на схемах

Вольт – амперная характеристика полупроводникового диода (ВАХ)



Основное свойство диода – его односторонняя электрическая проводимость

**Применение
полупроводниковых
диодов**

Выпрямление
переменного тока

Детектирование
электрических сигналов

Стабилизация тока и
напряжения

Передача и прием
сигналов

Прочие применения

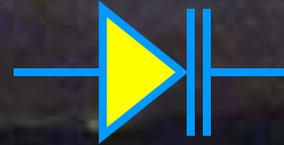


Схема однополупериодного выпрямителя

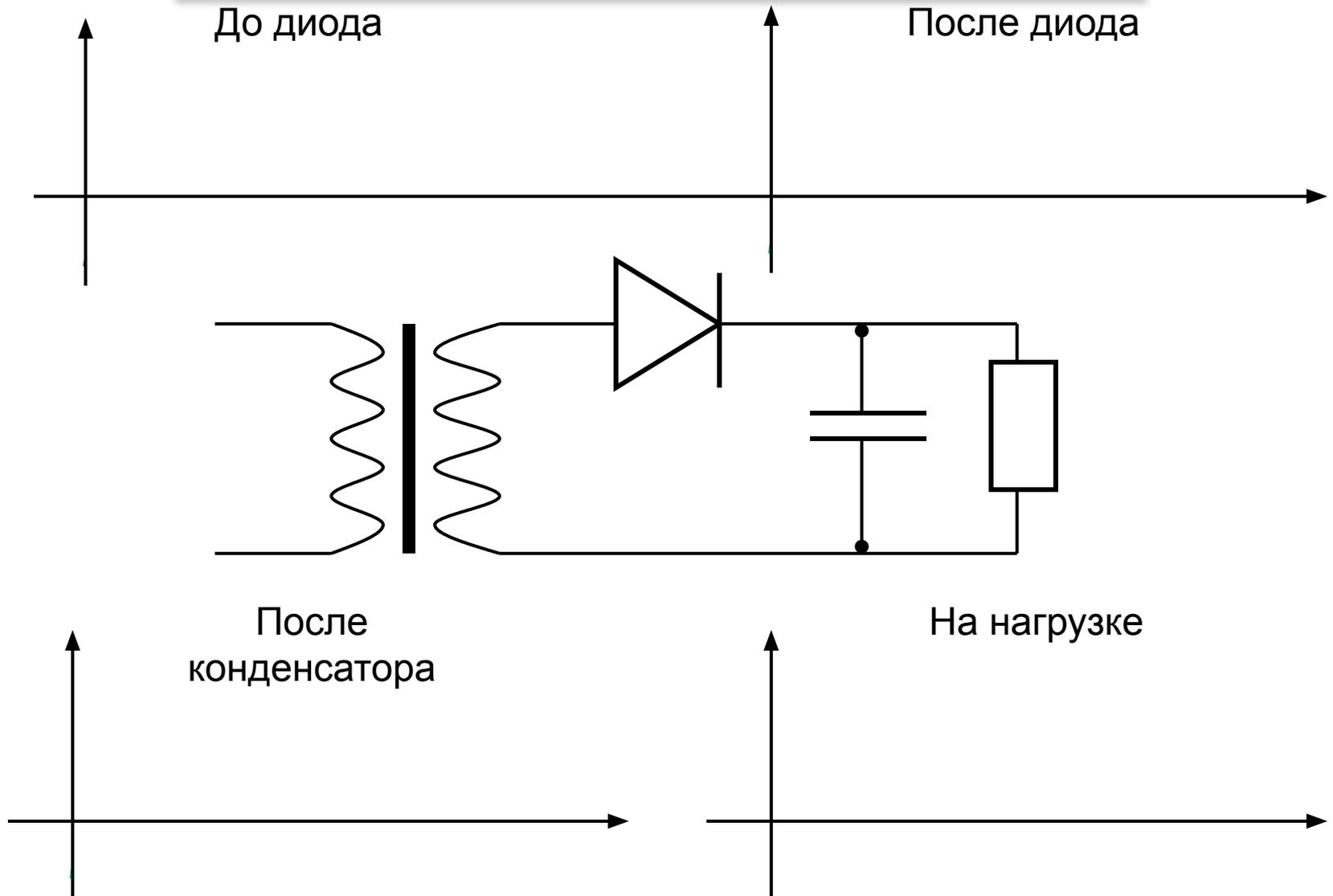
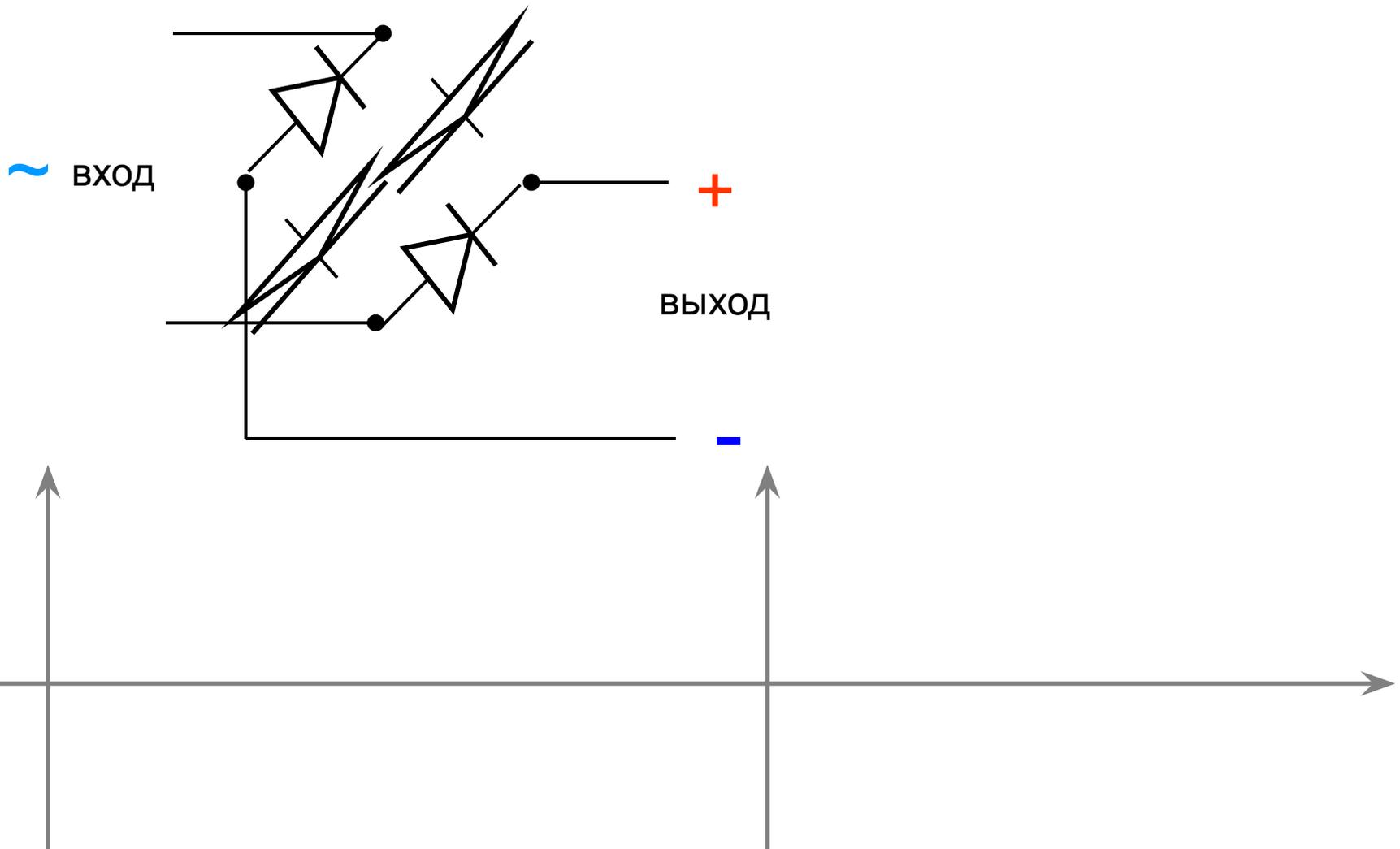
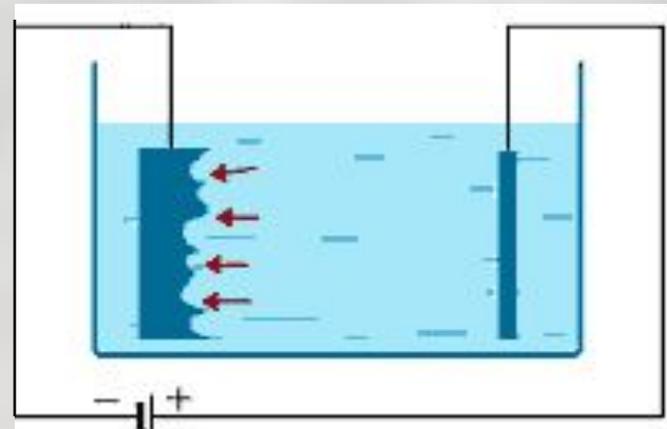
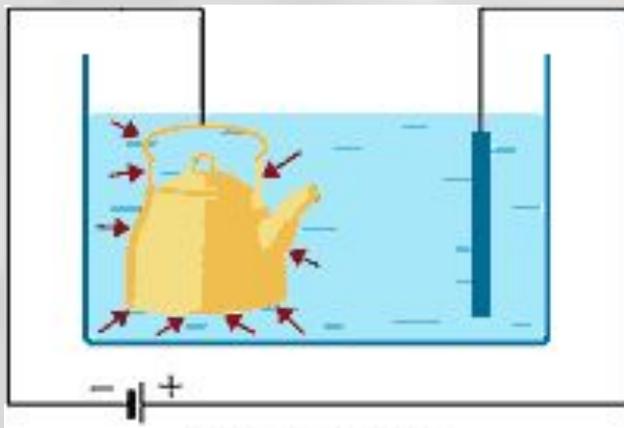


Схема двухполупериодного выпрямителя (мостовая)

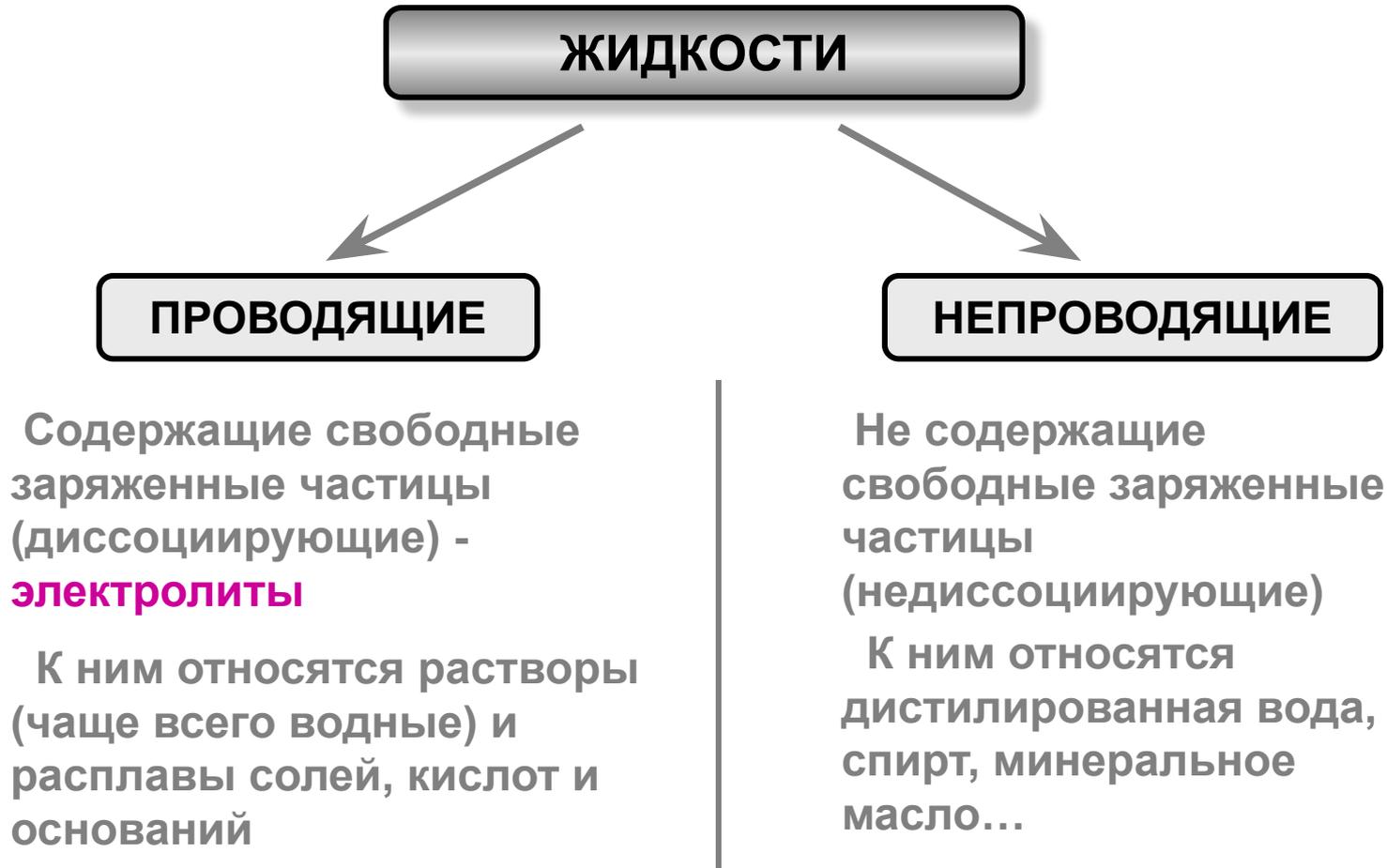


Электрический ток в жидкостях



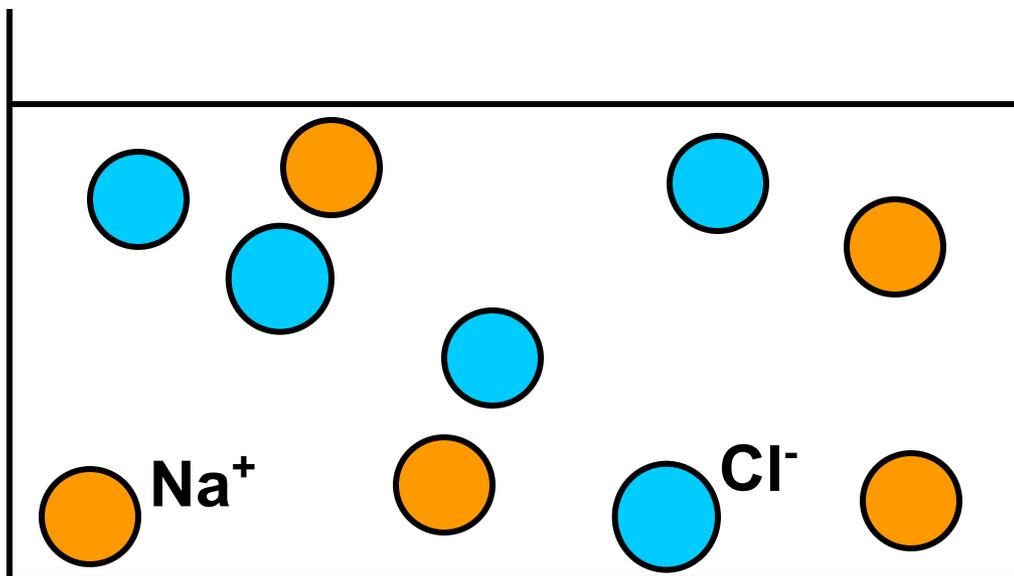
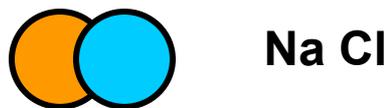
Электролитическая диссоциация

По электрическим свойствам все жидкости можно разделить на 2 группы:

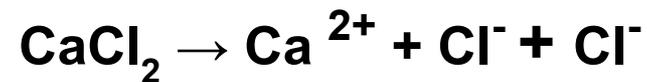
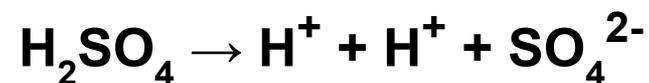


Электролитической диссоциацией называется распад нейтральных молекул вещества в растворителе на положительные и отрицательные ионы

Электролитическая диссоциация поваренной соли



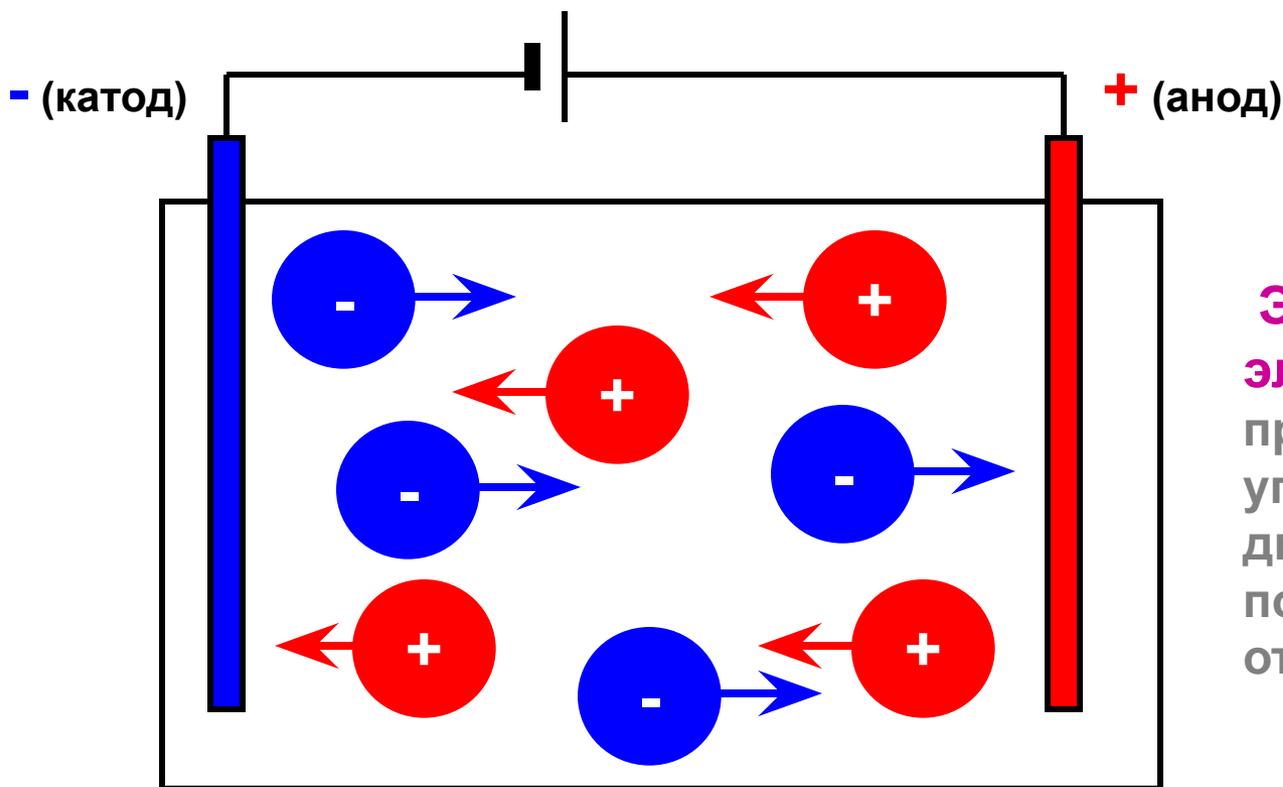
Диссоциация других
веществ:



При диссоциации **ионы металлов и водорода** всегда заряжены **положительно**, а ионы кислотных радикалов и группы **ОН** - **отрицательно**

Электрический ток в электролитах. Электролиз

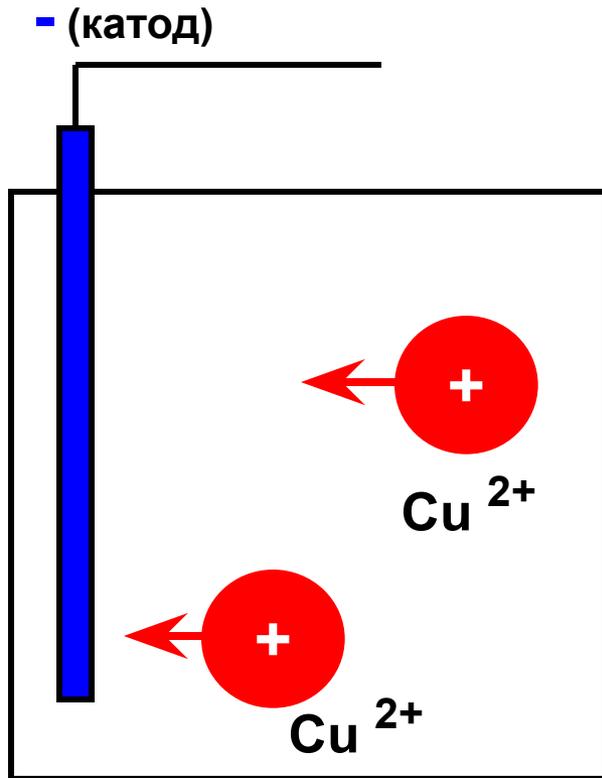
Ионы в электролите движутся хаотично, но при создании электрического поля характер движения становится упорядоченным: **положительные ионы (катионы) движутся к катоду**, **отрицательные ионы (анионы) движутся к аноду**



Электрический ток в электролитах представляет собой упорядоченное движение положительных и отрицательных ионов

Рассмотрим, что происходит, когда ионы достигают электродов (на примере медного купороса)

На катоде:

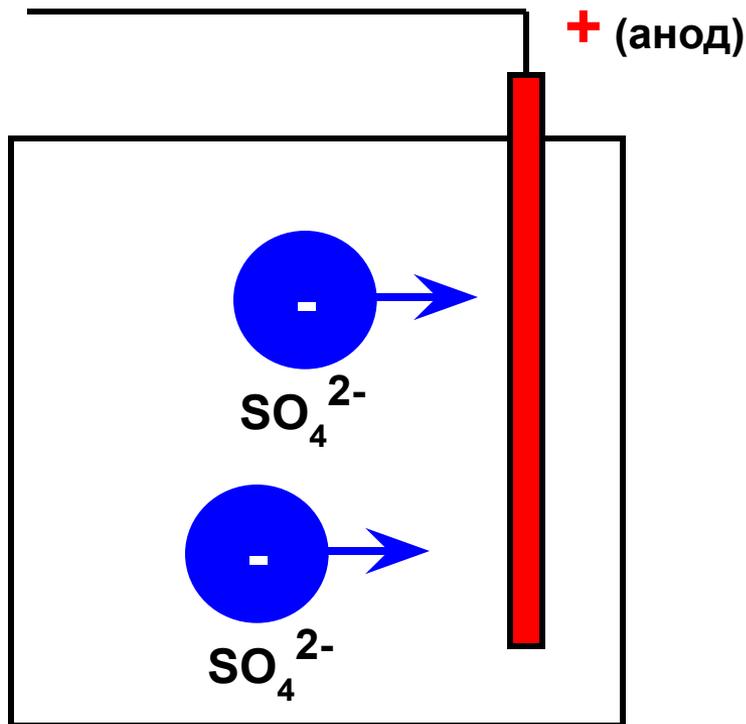


Положительные ионы меди, подходя к катоду, получают два недостающих электрона, восстанавливаясь до металлической меди



В процессе протекания тока через электролит на катоде происходит оседание слоя чистой меди – **электролиз раствора медного купороса**

На аноде:



Сульфат - ионы SO_4^{2-} , подходя к аноду, отдают ему два лишних электрона, которые через источник тока поступают на катод и присоединяются к положительным ионам меди

Выделение вещества на электродах вследствие окислительно – восстановительных реакций при прохождении тока через электролит называется **электролизом**

Законы электролиза

Исследовал электролиз и открыл его законы английский физик **Майкл Фарадей** в 1834 году



Майкл Фарадей (1791 – 1867)

Открыл явление электромагнитной индукции, законы электролиза, ввел представления об электрическом и магнитном поле

Первый закон электролиза

Масса вещества, выделившегося на электродах при электролизе, прямо пропорциональна величине заряда, прошедшего через электролит

$$m = kq$$

k – электрохимический эквивалент вещества

(равен массе вещества, выделившегося при прохождении через электролит заряда 1 Кл)

Если учесть, что $q = I t$, то

$$m = k \cdot I \cdot t$$

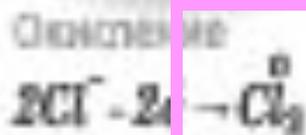
Применение электролиза

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА

Получение химически чистых веществ

Гальваностегия

Гальванопластика



Основателем гальванотехники и ее широчайшего применения является **Б. С. Якоби**, который изобрел в 1836 году **гальванопластику**

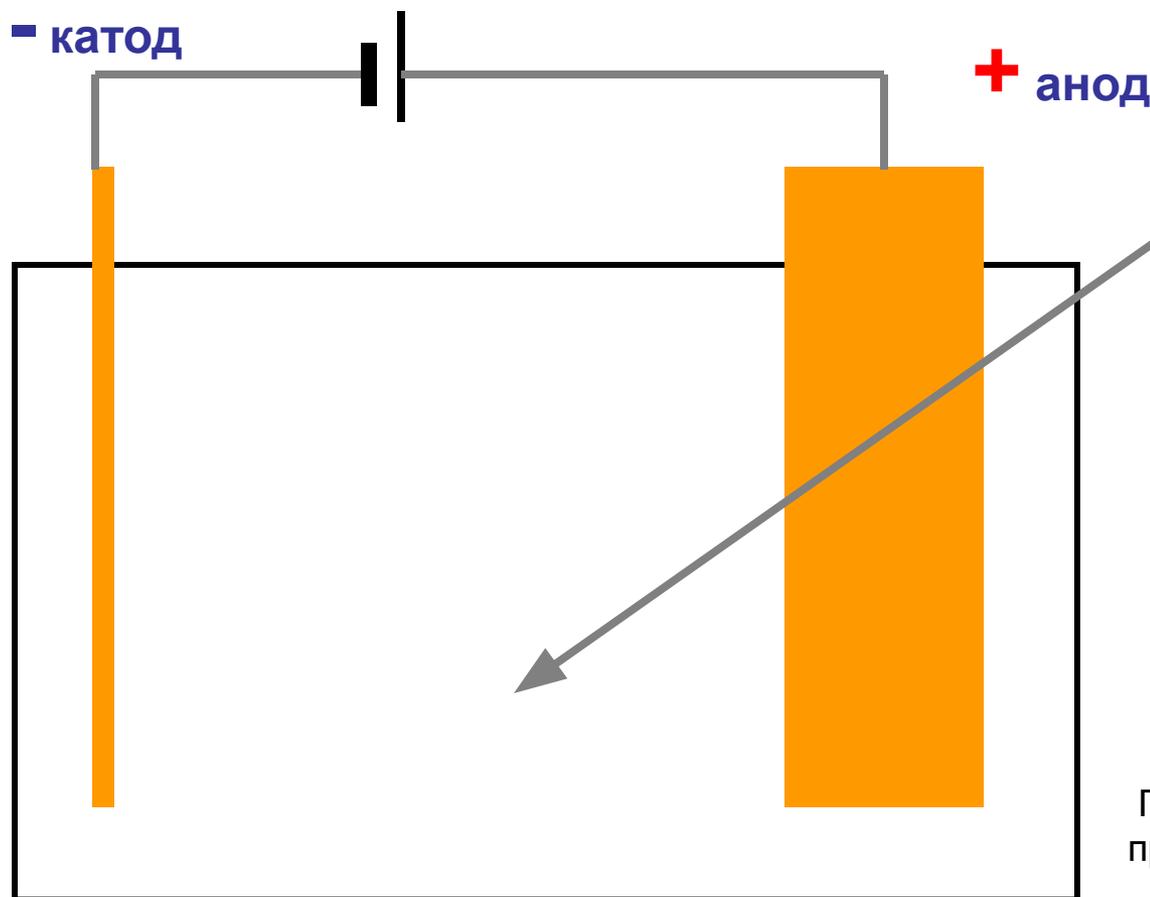


Борис Семенович Якоби
(1801 – 1874) – русский академик, открывший гальванопластику, создавший первую конструкцию электродвигателя

Гальванотехника - это отрасль прикладной электрохимии, смысл которой состоит в получении электролитическим путем металлических копий каких-либо предметов (гальванопластика) или же в нанесении этим же способом металлических покрытий на какие-либо поверхности (гальваностегия). Способ этот в свое время широко использовался в полиграфической промышленности и в определенных случаях применяется и сейчас

1. Получение химически чистых веществ

Рафинирование меди



Катод – тонкая пластина чистой меди,
анод – толстая пластина неочищенной меди

CuSO_4

При прохождении тока через электролит на катоде оседает чистая медь, анод расходуетя и истощается

Примеси остаются в электролите или оседают на дно

При плотности тока $0,3 \text{ А на } 1 \text{ дм}^2$ процесс идет несколько дней

1. Получение химически чистых веществ

Получение алюминия

Алюминий получают электролитическим способом из глинозема (вспомните – алюминий является одним из самых распространенных химических элементов земной коры и содержится в любой глине)

Электролитическим способом получают:

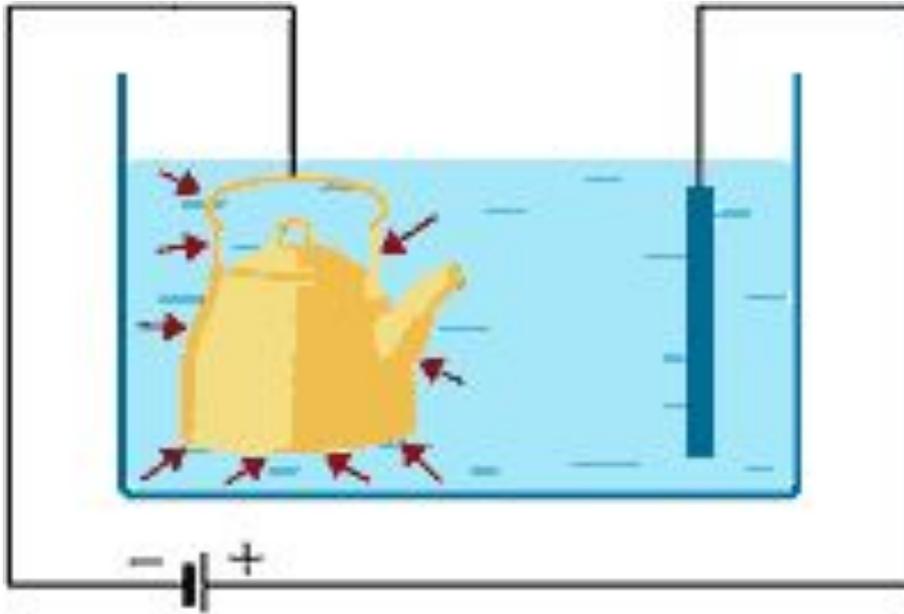
Магний, натрий, калий, кальций ...

Соду, хлор, хлористый кальций ...

Осуществив, например, электролиз раствора поваренной соли NaCl , мы можем получить сразу 3 полезных химических вещества:

Газообразные водород и хлор, а также раствор едкого натра NaOH

2. Гальваностегия



гальваностегия

Гальваностегия –
покрытие предметов
неокисляющимся
металлами для защиты от
коррозии
(Ni, Cr, Zn, Ag, Au, Cu ...)

3. Гальванопластика



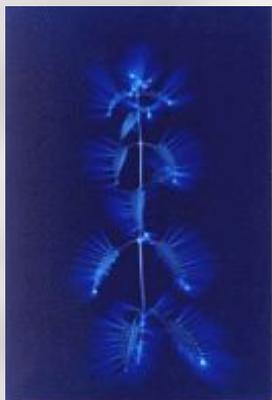
Копия барельефа,
полученная методом
гальванопластики

Гальванопластика – получение отслаиваемых копий предмета, полученных путем осаждения металла на поверхности предмета электролитическим способом

Точность копирования формы предмета очень высокая, т.к. процесс идет на ионном (молекулярном) уровне

Применение:

- Получение рельефных копий барельефов, статуй
- Изготовление клише, полиграфия
- выпуск ценных бумаг, денег



Электрический ток в газах

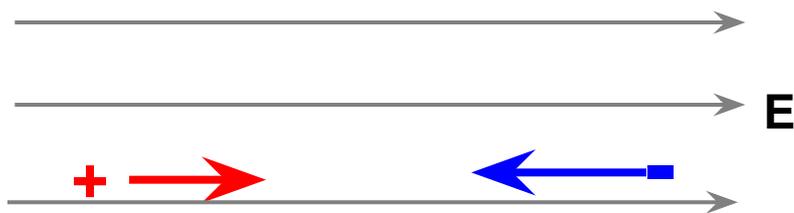
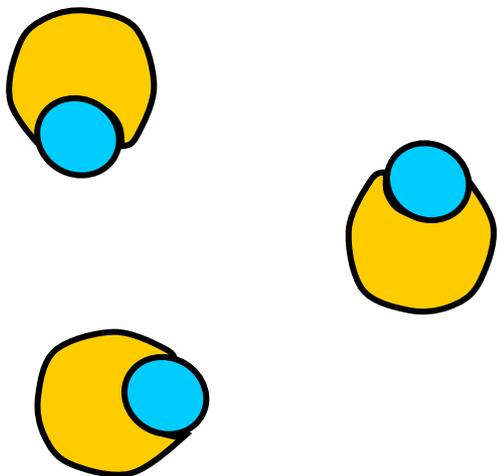


**Электрические свойства
газов. Ионизация и
рекомбинация**



Газы при нормальных условиях являются диэлектриками, т.к. состоят из нейтральных атомов и не содержат свободных заряженных частиц

Ионизация излучением



Положительный
ион

Свободный
электрон

Для того, чтобы газ проводил электрический ток, атомы необходимо **ионизировать** – оторвать от них электроны, а значит сообщить атомам извне достаточное количество энергии

Энергия для ионизации может быть передана за счет:

- **сильного нагрева**
- **внешнего излучения (рентгеновского, радиоактивного)**
- **сильного электрического поля**

Электрический ток в газах представляет собой упорядоченное движение свободных электронов и положительных ионов

Если прекратить действие ионизатора (нагрев, излучение ...), то начинает преобладать обратный процесс объединения электронов и ионов в нейтральные атомы - **рекомбинация**



В процессе рекомбинации газ снова приобретает диэлектрические свойства



Таким образом электрические свойства газов сильно зависят от действия внешних ионизирующих факторов



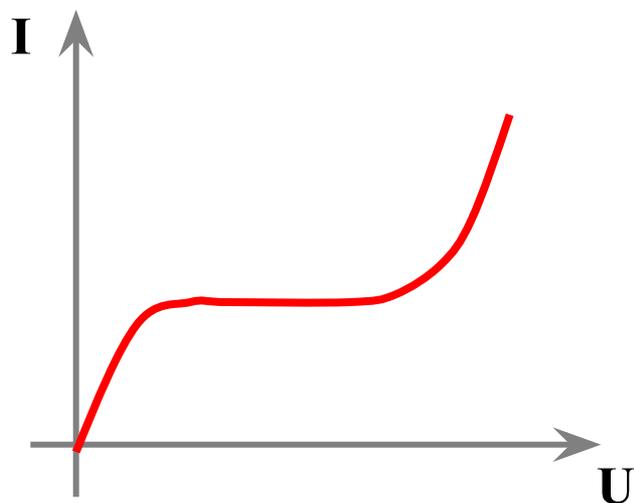
Вопрос 2

Самостоятельный и несамостоятельный разряд

Разряд в газе, который может происходить под действием внешних ионизирующих факторов, называется **несамостоятельным разрядом** (ток прекращается после окончания действия ионизатора)



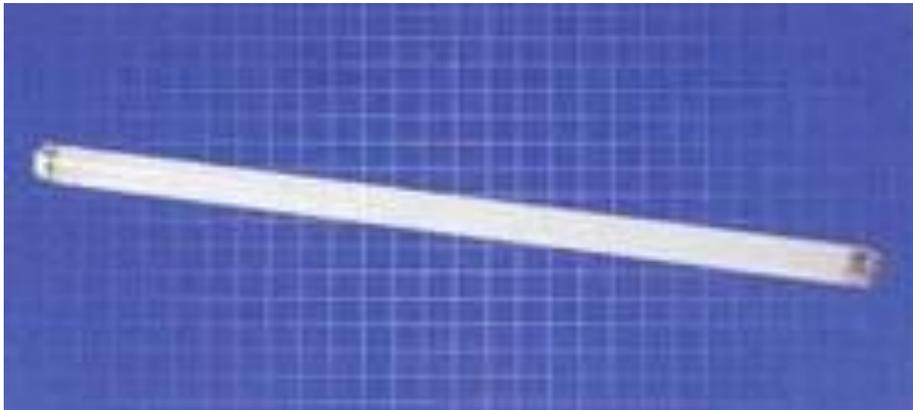
При увеличении напряжения между электродами трубки, заполненной газом, энергия движущихся ионов и электронов возрастает, возникает явление выбивания ионами из нейтральных молекул электронов – **ударная ионизация**, которая приводит к лавинному увеличению числа носителей заряда и резкому возрастанию тока



Такой разряд не нуждается в действии ионизатора, т.к. заряженные частицы образуются за счет ударной ионизации и называется **самостоятельным**

Ток при таком разряде необходимо ограничивать. Для этого в цепях переменного тока обычно применяется дроссель (индуктивное сопротивление)

Применение тлеющего разряда – лампа дневного света

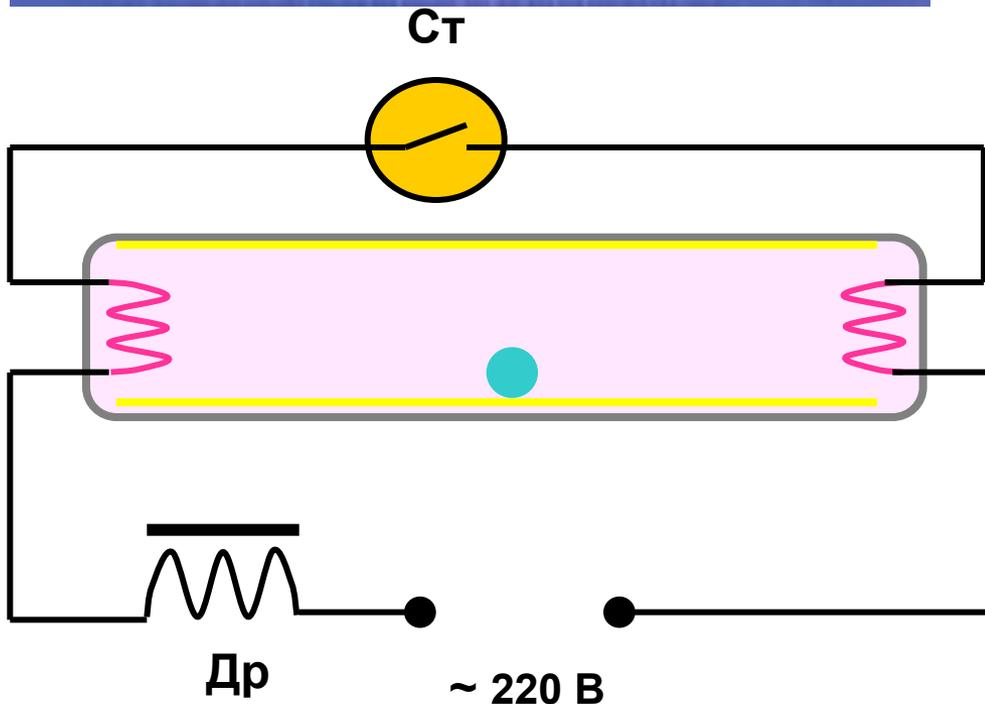


Ст – стартер (неоновая лампочка с биметаллом)

Др – дроссель для ограничения тока при газовом разряде

● - Капелька ртути, при испарении которой пары ртути излучают ультрафиолетовое излучение

— люминофор, преобразующий УФ – излучение паров ртути в видимое



2. Искровой разряд



При высоком напряжении между электродами (напряженность электрического поля увеличивается до миллиона вольт на метр и выше) в газе происходит **искровой разряд** в виде кратковременной искры (пробой газа, обусловленный ионизацией молекул сильным электрическим полем)

Гигантский искровой разряд представляет собой природная молния, приносит искра и пользу человеку – зажигает топливо в камере сгорания двигателей внутреннего сгорания, зажигает газ в газовой плите ...

Искра в ДВС



Искровой разряд применяется в двигателях внутреннего сгорания для воспламенения горючей смеси

Для образования мощной искры на свечу зажигания подается напряжение 20 – 30 кВ



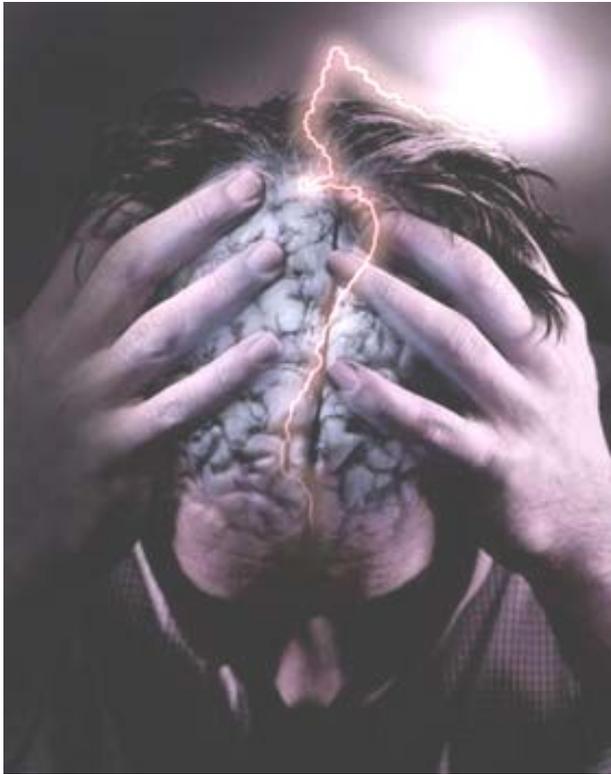
Образование искрового разряда в камере сгорания ДВС

Загадки молнии

Веками бушующая стихия пугала человека. Молнии, бьющие с неба, несущие смерть и пожары, казались стрелами богов. Их боялись, заклинали, пытались обуздать...

Удивительное о молниях

Один случай удивительней другого: молния сжигает белье, оставляя верхнее платье. Или сбивает с человека все волосы до последнего. Вырывает из рук человека металлические предметы, отбрасывая на большое расстояние и не причиняя вреда державшему их. Молния сплавляет в общий слиток все монеты, бывшие в кошельке, или серебрит золотые и золотит серебряные, не сжигая лежавших вместе с ними бумажных денег. Молния бесследно уничтожает надетый на шею медальон на цепочке, оставляя на память ограбленной ею девушке отпечаток цепочки и медальона, не сходящий с кожи в течение нескольких лет...





Что такое молния с точки зрения науки

Молния - разряд тока мощностью до 3 млрд кВт, движущийся из облака вниз со скоростью 160-1600 км/с (и 140000 км/с - с половинной скоростью света движется иногда обратно с земли в облака) по ионизированному каналу воздуха с температурой плазмы до 30 000 градусов (в 5 раз выше, чем на Солнце), с диаметром канала 1,27 см, окруженной 3-6-метровой короной, длиной от 90 м до 32 км и сопровождающийся звуковой ударной волной (громом), слышимой иногда на расстоянии до 30 км

Напряжение между облаком и Землей достигает миллиарда вольт, сила тока – до миллиона ампер

3. Дуговой разряд



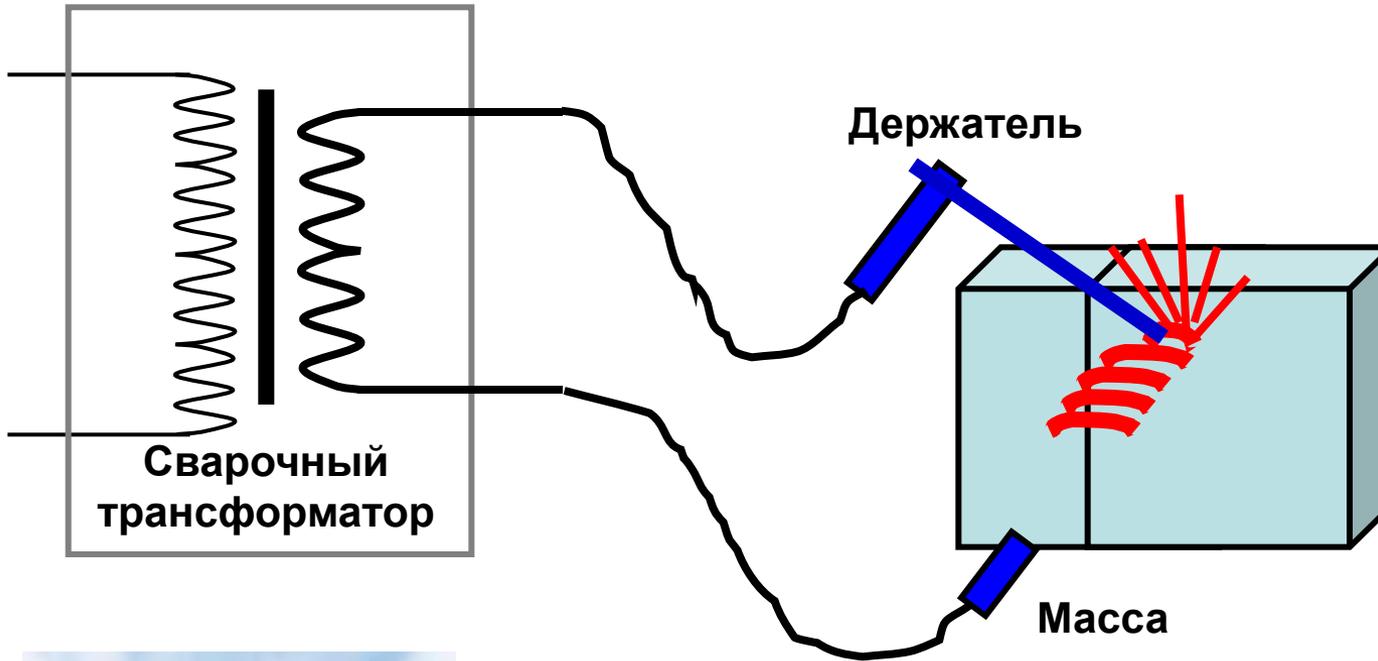
В месте контакта двух проводников (например угольных электродов) при низких напряжениях (десятки вольт) выделяется большое количество тепла

При раздвигании проводников на расстояние несколько миллиметров в газе возникает разряд – **электрическая дуга**, которая является мощным источником тепла, света, ультрафиолетового излучения

- выделяемое при этом тепло используется для расплавления и сварки деталей
- выделяемый свет используется в качестве мощных источников света в дуговых осветительных лампах

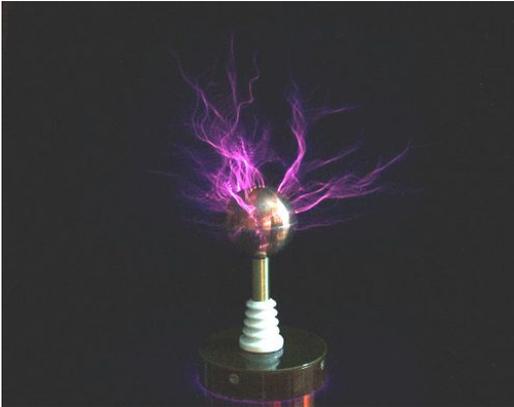


Электрическая сварка металлов



4. Коронный разряд

При атмосферном давлении вблизи заостренных участков проводников, имеющих большой электрический заряд, наблюдается в виде светящегося ореола – **коронный разряд**



На заостренных участках проводников с напряжением в десятки и сотни кВ возникает огромная напряженность электрического поля – свыше миллиона вольт на метр, вследствие чего прилежащий воздух ионизируется и происходит стекание заряда в виде маленьких искр, образующих корону

Особенно проявляется коронный разряд в линиях электропередачи (свыше 100 кВ)

