

# Электрический ток в газах

Урок изучения нового материала

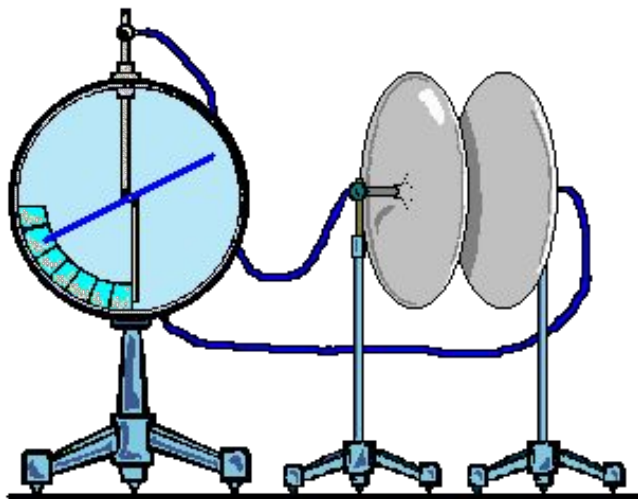
# Газы - диэлектрики

- При обычных условиях все газы не проводят электрического тока (состоят из нейтральных атомов)
- Этим свойством объясняется широкое использование воздуха в качестве изолирующего вещества.
- Принцип действия выключателей и рубильников: размыкая их металлические контакты, мы создаем между ними прослойку воздуха, не проводящую ток.



# Газовый разряд

- Пламя, внесенное в пространство между двумя металлическими дисками, приводит к тому, что гальванометр отмечает появление тока.
- Отсюда следует: *газ, нагретый до высокой температуры, является **проводником** электрического тока.*

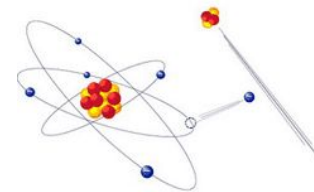


Прохождение тока через газы  
называют

***газовым разрядом***

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

# Ионизация газа



- **Ионизация** – процесс расщепления атомов на положительные ионы и электроны



- **Виды ионизации газа:**

- электронный удар
- термическая ионизация
- фотоионизация
- радиоактивность

**Ионизаторы** – источники, вызывающие ионизацию газа



**Ионизаторы газа:**

- пламя (высокая температура)
- рентгеновское, ультрафиолетовое, гамма – излучения
- источники быстрых заряженных частиц (катодные лучи)

- Минимальная энергия, которую необходимо затратить, чтобы оторвать электрон от атома, называется **энергией ионизации**

# Рекомбинация газа

- Если прекратить действие ионизатора, 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 ионизаторов

В зависимости от способа получения заряженных частиц в газе газовые разряды делятся на два вида.

## **Виды газового разряда**

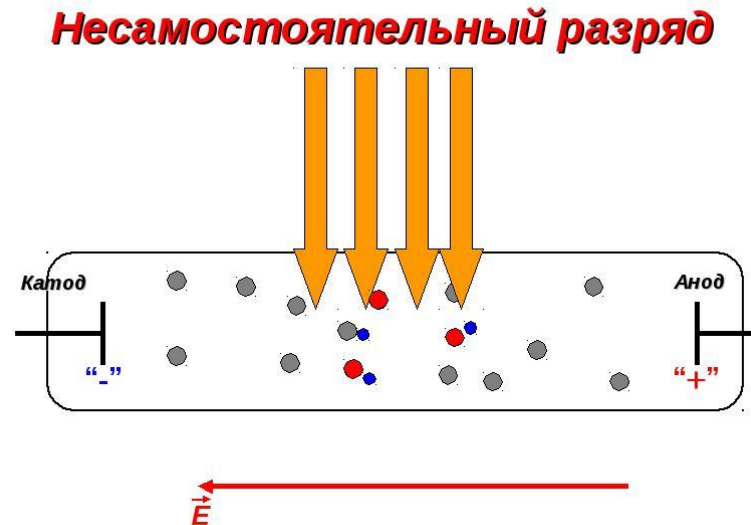
**Несамостоятельный**

**Самостоятельный**



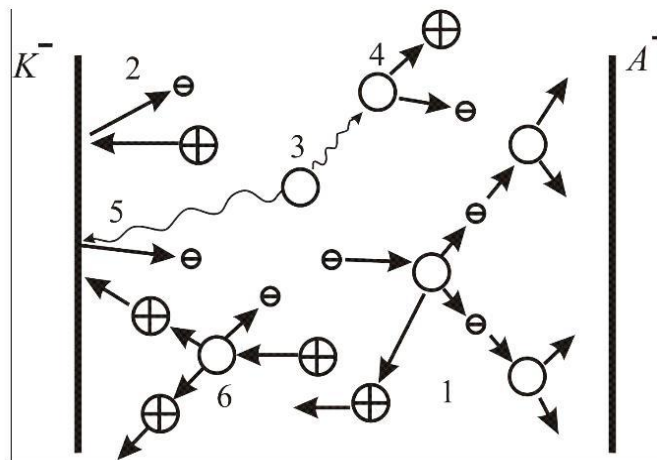
# Несамостоятельный газовый разряд

- Несамостоятельный газовый разряд – явление протекания электрического тока через газ под воздействием внешнего ионизатора.
- Ток прекращается после окончания действия ионизатора



# Самостоятельный газовый разряд

- Самостоятельный газовый разряд – процесс протекания электрического тока в газе, происходящий **при отсутствии** постоянно действующего внешнего ионизатора.
- Заряженные частицы в газе создаются под действием электрического поля существующего между электродами





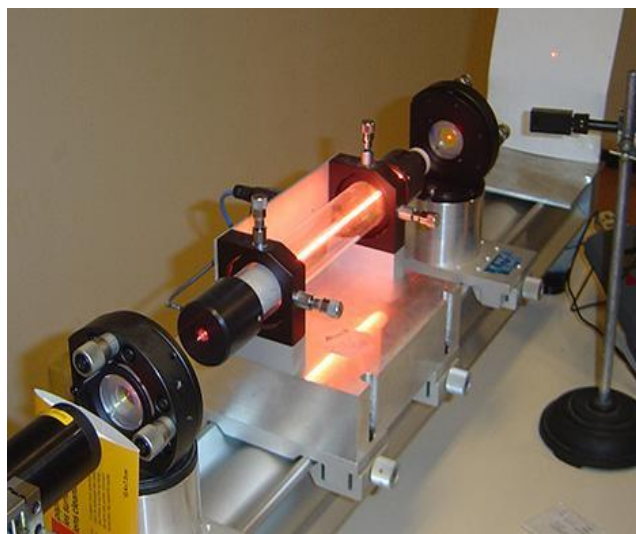
# Виды самостоятельного газового разряда



## 1. Тлеющий разряд

Условия возникновения:

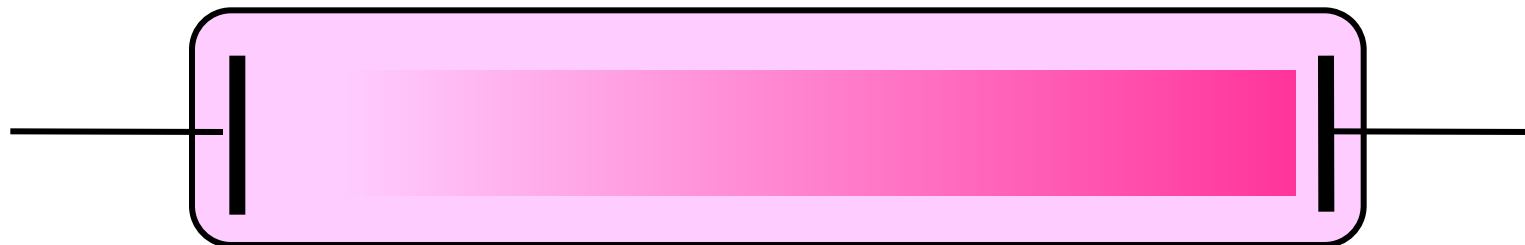
1. низкие давления (доли мм рт.ст.)
2. высокая напряженность электрического поля



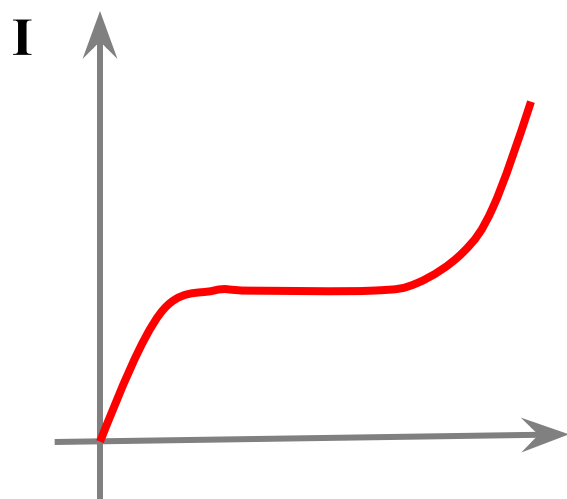
Техническое применение:

- в лампах дневного света
- в рекламе: неоновые лампы, рекламные трубки
- в медицине: ртутные ультрафиолетовые лампы
- на производстве, в быту: неоновые лампы (индикация и стабилизация напряжения)
- в исследованиях: газовые лазеры

# Глеющий разряд



- При сильно пониженном давлении самостоятельный разряд сопровождается свечением.
- Положительные ионы, ударяясь о катод, вызывают вторичную электронную эмиссию

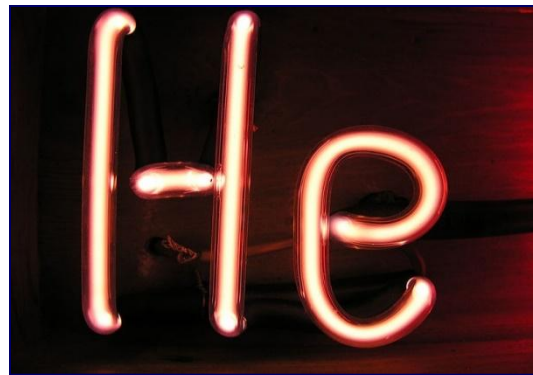


- При увеличении напряжения между электродами трубки, заполненной газом, энергия движущихся ионов и электронов возрастает, возникает явление выбивания ионами из нейтральных молекул электронов – ударная ионизация, которая приводит к лавинному увеличению числа носителей заряда и резкому возрастанию тока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

# Цвета тлеющих разрядов в различных газах



Неон



Гелий



Криптон



Аргон



Ксенон

# Виды самостоятельного газового разряда

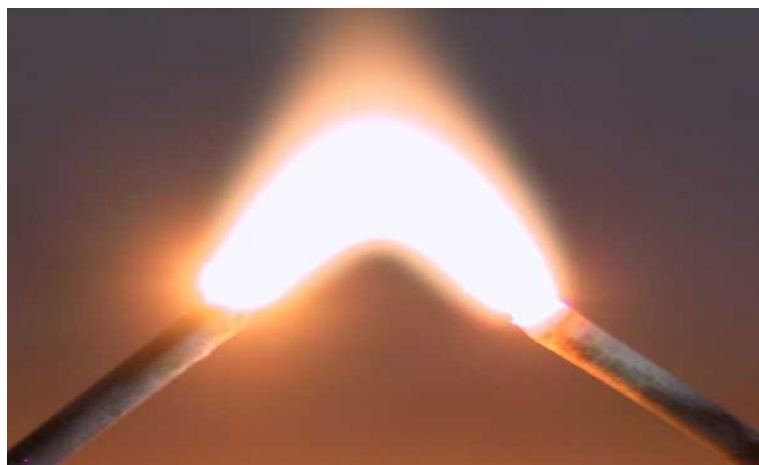
## 2. Дуговой разряд

### Условия возникновения:

- Большая сила тока (10 -100 А при малой напряженности электрического поля)

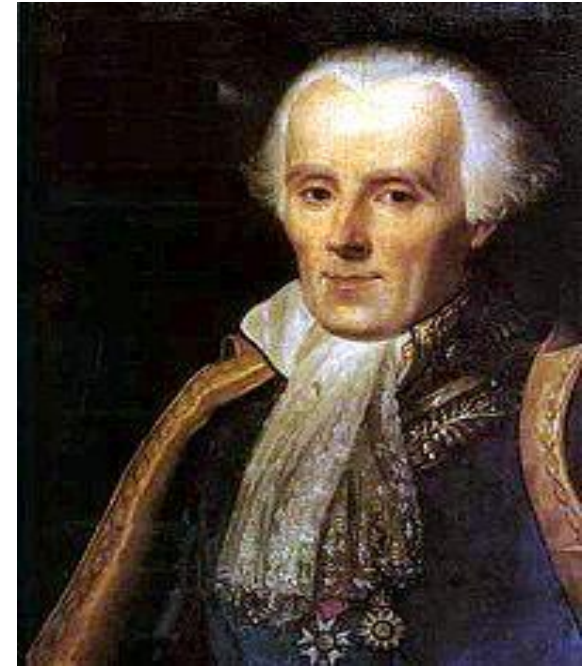
### Техническое применение

- Дуговые ртутные лампы, источники света: прожектора.
- Сварка и резка металлов.
- Получение инструментальной стали (90%) в дуговых печах

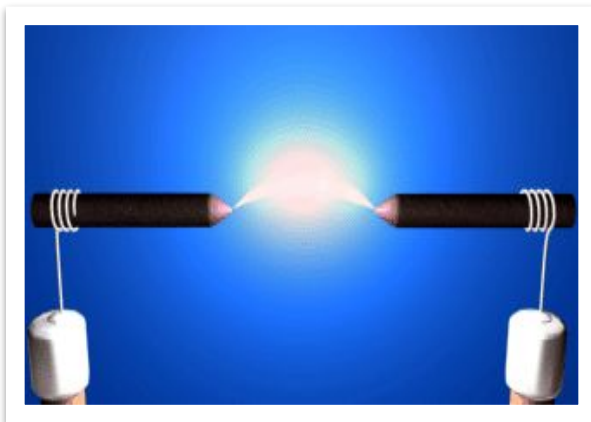


# Электрическая дуга

- В 1802 году русский физик В.В.Петров установил, что если к полюсам большой электрической батареи присоединить два кусочка угля и привести их в соприкосновение а затем раздвинуть, то между концами углей образуется яркое пламя, а сами концы углей раскаляются добела, испуская ослепительный свет.
- **Электрическая дуга** является мощным источником тепла, света, ультрафиолетового излучения



В.В. Петров  
(1761-1834)



- При атмосферном давлении температура катода приблизительно равна 3900 К.
- По мере горения дуги катод заостряется, а на аноде образуется углубление — кратер - являющийся наиболее горячим местом дуги.

# Виды самостоятельного газового разряда

## 3. Коронный разряд

### Условия возникновения:

- Атмосферное и более высокое давление
- Сильное неоднородное электрическое поле, напряжённость =  $3000000 \text{ В/м}$



Из-за огромной напряженности электрического поля прилегающий воздух ионизируется и происходит стекание заряда в виде маленьких искр, образующих корону

### Техническое применение:

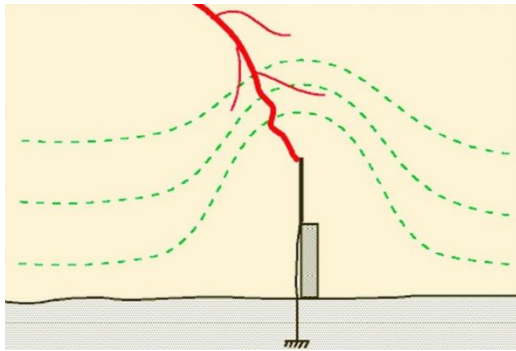
- Электроочистительные фильтры газовых смесей
- Медицина
- Счетчики элементарных частиц: позволяют любые заряженные, быстро движущиеся частицы



# Коронный разряд

- Сопровождается слабым свечением и небольшим шумом.

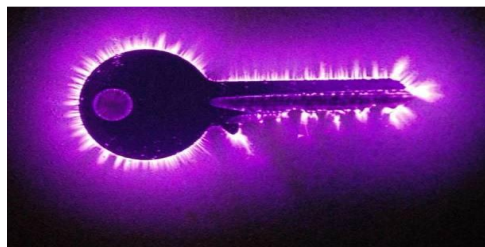
Коронный разряд  
на острие громоотвода



Молния ударяет  
в громоотвод и заряды  
уходят в Землю,  
не причиняя вреда зданию.



Коронный разряд на концах мачт  
«Огни Святого Эльма»



Коронный разряд на ключе



Коронный разряд на линии электропередач  
приводит к потере электроэнергии

# Виды самостоятельного газового разряда

## 4. Искровой разряд

### Условия возникновения:

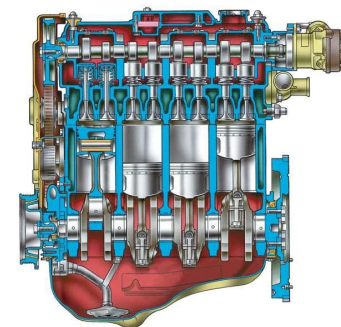
- Высокое напряжение до  $10^9$  В при атмосферном давлении, имеет вид светящегося канала с разветвлениями в течение  $10^{-7}$  с.



Кратковременная искра - пробой газа, обусловленный ионизацией молекул сильным электрическим полем

### Техническое применение:

- Используется при обработке металлов, в системе зажигания двигателей внутреннего сгорания.





# Искровой разряд

Гигантский искровой разряд - природная молния - разряд между грозовым облаком и Землей



Газ вблизи искры нагревается до высокой температуры и внезапно расширяется, отчего возникают звуковые волны, и мы слышим характерный треск.

Искровой разряд на трансформаторе Тесла



- Искра в виде ярко светящегося тонкого со сложным образом изогнутого и разветвленного канала (стримера)



Искровой разряд в ДВС

- Искровой разряд в ДВС применяется для воспламенения горючей смеси
- Для образования мощной искры на свечу зажигания подается напряжение 20 – 30 кВ

# Плазма

В природе известны 4 состояния вещества



газообразное



твердое



жидкое



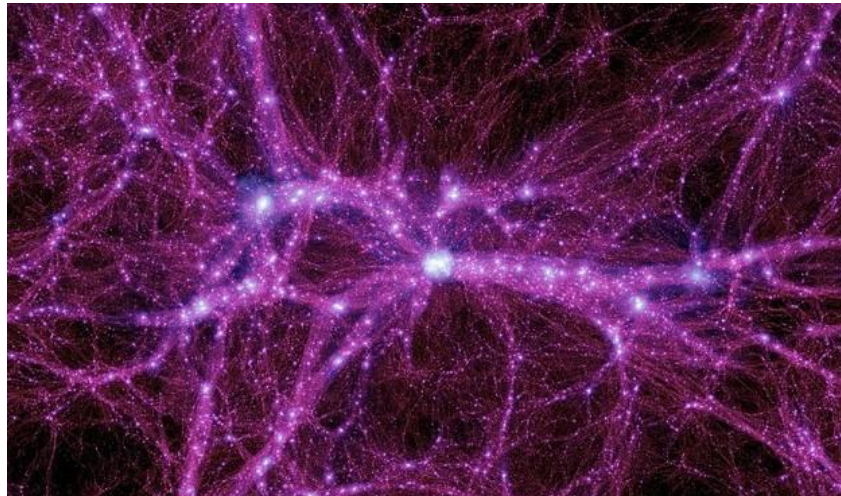
плазма

- Четвёртое состояние вещества было открыто У. Круксом в 1879 году
- Впервые термин "плазма" был использован в 1923 г. американскими физиками Ленгмюром и Тонксом, которые стали с его помощью обозначать особое состояние ионизированного газа.
- **Плазма**- наиболее распространенное состояние вещества во Вселенной (**99%** вещества)

# Плазма

При температурах выше  $10\,000^{\circ}\text{C}$  все вещества находятся в состоянии плазмы.

**Плазма** - сильно ионизированный газ, в котором концентрации положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы (в целом плазма нейтральна)



# Плазма

## Виды плазмы:

### 1. В зависимости от степени ионизации

- Слабо ионизированная (ионизированы доли % молекул)
- Умеренно ионизированная (ионизировано несколько % молекул)
- Полностью ионизированная

### 2. В зависимости от скорости движения заряженных частиц

- Низкотемпературная ( $T < 10^5$  К)
- Высокотемпературная ( $T > 10^5$  К)

# Виды плазмы

## Холодная плазма



Тлеющий разряд



Пламя



Северное сияние



Дуговой разряд



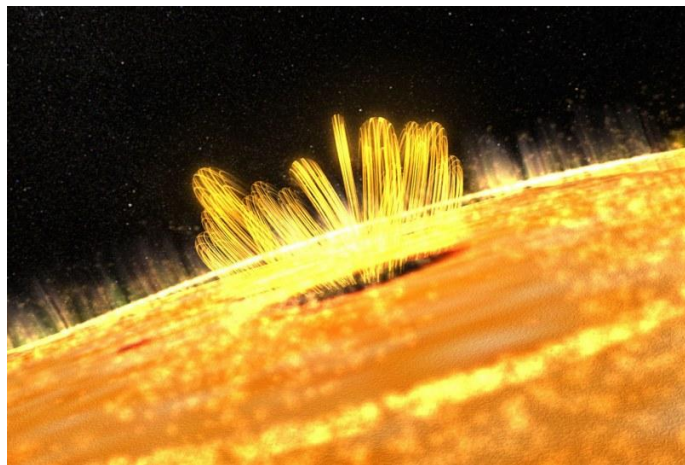
Молния



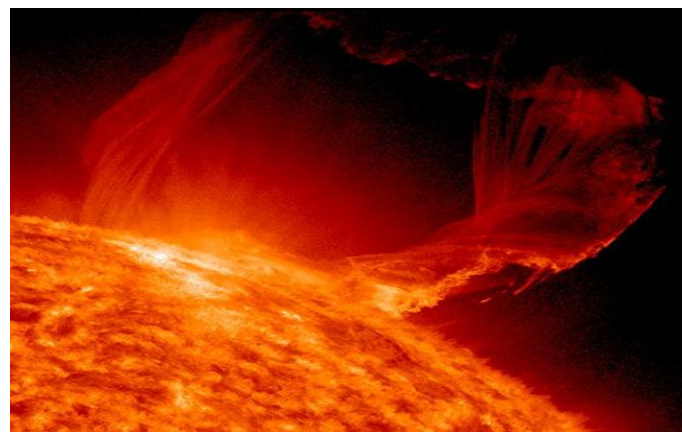
Межзвездная среда

# Виды плазмы

## Горячая плазма



**Солнце**



**Солнце**



**Звезды**

# Полярные сияния



- Полярные сияния возникают вследствие бомбардировки верхних слоёв атмосферы заряженными частицами, движущимися к Земле из области околоземного космического пространства, называемой плазменным слоем.
- Проекция плазменного слоя вдоль геомагнитных силовых линий на земную атмосферу имеет форму колец, окружающих северный и южный магнитные полюса

# Свойства плазмы

1. Концентрация положительных и отрицательных частиц в плазме практически одинакова
2. Высокая электропроводность. При высокой  $t^\circ$  плазма приближается к сверхпроводникам
3. Сильное взаимодействие с электрическим и магнитным полями
4. Каждая заряженная частица плазмы взаимодействует с большим числом заряженных частиц
5. Свечение

*Эти свойства определяют качественное своеобразие плазмы, позволяющее считать ее особым, **четвертым** состоянием вещества.*





# Применение плазмы



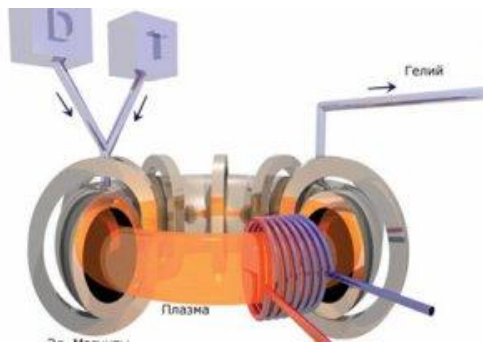
- Плазма возникает во всех видах газового разряда – **газоразрядная плазма**
- В светотехнике в газоразрядных лампах, освещающих улицы, и лампах дневного света, используемых в помещениях.
- В газоразрядных приборах: выпрямителях электрического тока, стабилизаторах напряжения, плазменных усилителях и генераторах сверхвысоких частот (СВЧ), счётчиках космических частиц.
- В газовых лазерах – квантовых источниках света
- В плазмотронах для резки, сварки металлов.
- В плазменных двигателях в космических кораблях
- В магнитогидродинамических электростанциях.

# Центральной задачей физики плазмы является проблема управляемого термоядерного синтеза

## Токамак

(**Т**ороидальная **К**амера с **М**агнитными **К**атушками)

- Это устройство, способное формировать долгоживущую горячую плазму высокой плотности.
- При достижении определенных параметров плазмы в ней начинается термоядерная реакция синтеза ядер гелия из изотопов водорода (дейтерия и трития).
- Первый токамак был разработан в Институте атомной энергии имени Курчатова в Москве и продемонстрирован в 1968 в Новосибирске.
- Токамак считается наиболее перспективным устройством для осуществления управляемого термоядерного синтеза.



- Токамак представляет собой полый тор, на который намотан проводник, образующий магнитное поле.
- Основное магнитное поле в камере-ловушке, содержащей горячую плазму, создается тороидальными магнитными катушками.

