

# Индивидуальный проект

## Плазма-четвертое состояние вещества

Выполнил ученик 10А класса  
Корнев Степан Сергеевич

# Плазма

A glowing blue plasma ball with a central orange and yellow sphere. The background is dark blue with intricate, glowing blue patterns resembling plasma filaments or a complex network of light.

четвертое состояние вещества

## Содержание:

1. Что такое плазма?
  - История
1. Виды плазм.
2. Свойства плазм.
  - Степень ионизации
  - Температура
  - Плотность
  - Квазинейтральность
  - Концентрация частиц в плазме
1. В чем отличие от газообразного состояния?
2. Применение плазмы
3. Плазма как негативное явление.
4. Приложение

**Плазма- это** наиболее распространённое состояние вещества во Вселенной.

частично или полностью ионизированный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы.

Она представляет собой газ заряженных частиц (ионов, электронов), которые электрически взаимодействуют друг с другом на больших расстояниях.

*В состав плазмы входят:*

- ▮ Нейтральные атомы
- ▮ Электроны
- ▮ Ионы

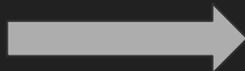




## История плазмы

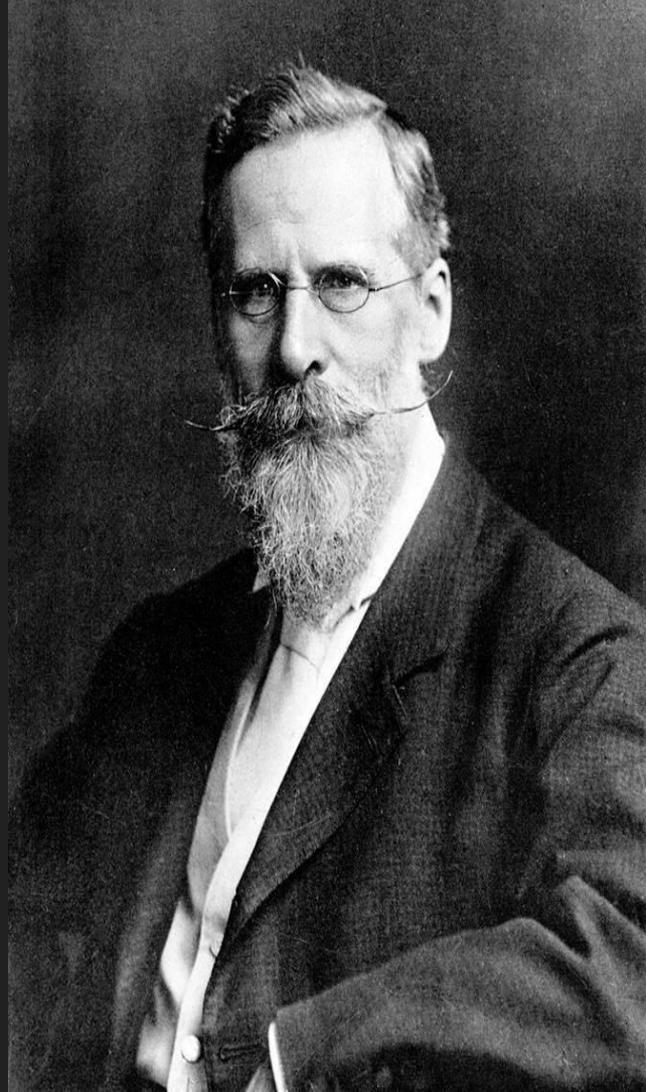
в середине XIX в. стали именовать бесцветную часть крови (без красных и белых телец) и жидкость, наполняющую живые клетки. В 1929 г. американские физики Ирвинг Лёнгмюр (1881—1957) и Леви Тонко (1897—1971) назвали плазмой ионизованный газ в газоразрядной трубке.

Английский физик Уильям Крукс (1832—1919),



изучавший электрический разряд в трубках с разрежённым воздухом, писал:

«Явления в откачанных трубках открывают для физической науки новый мир, в котором материя может существовать в четвёртом состоянии».



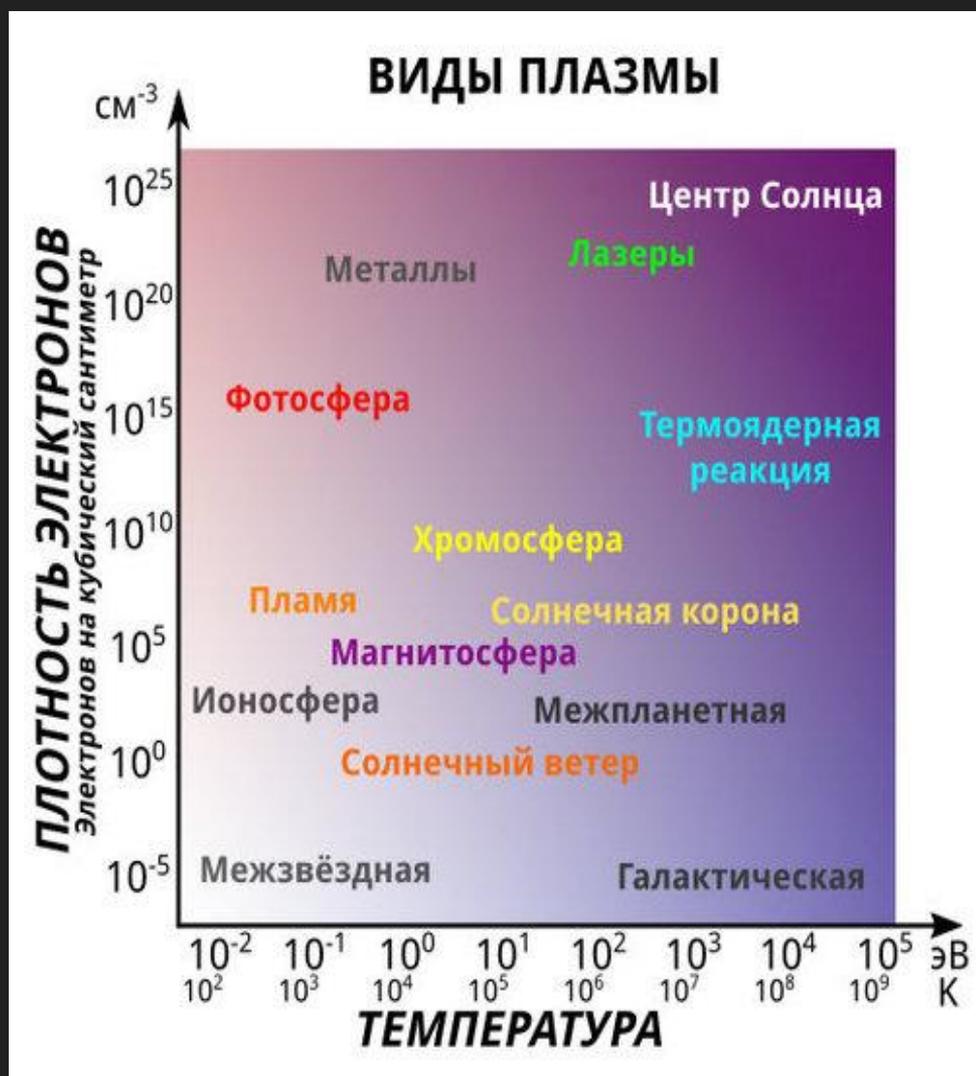
## Виды плазм

### 1. в зависимости от степени ионизации

- Слабо ионизированы
- Умеренно ионизированные
- Полностью ионизированные

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

- Низкотемпературная ( $T < 10^5$  K)
  1. равновесная
  2. неравновесная
- Высокотемпературная ( $T > 10^5$  K)





В зависимости от температуры любое вещество изменяет своё состояние.

Так например, если температура продолжает расти, атомы и молекулы начинают терять свои электроны — ионизируются и газ превращается в плазму. При температурах более  $1\ 000\ 000\ ^\circ\text{C}$

плазма абсолютно

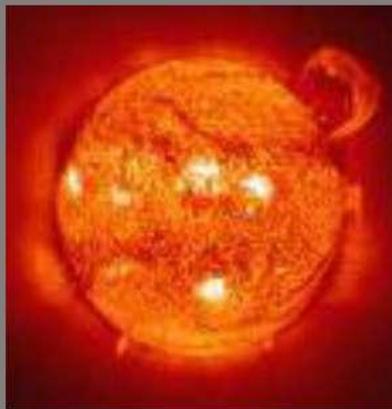
ионизована — она

состоит только из

электронов и

положительных ионов.

## ПЛАЗМА

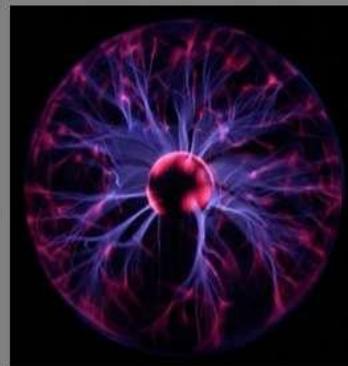


Солнце

Виды ионизированной  
плазмы



Межзвездные облака



Плазменная лампа XXI века



## Виды плазм : Холодная плазма

- В неравновесной плазме электронная температура существенно превышает температуру ионов. Это происходит из-за различия в массах иона и электрона, которое затрудняет процесс обмена энергией. Такая ситуация встречается в газовых разрядах, когда ионы имеют температуру около сотен, а электроны около десятков тысяч К.
- В равновесной плазме обе температуры равны. Поскольку для осуществления процесса ионизации необходимы температуры, сравнимые с потенциалом ионизации, равновесная плазма обычно является горячей (с температурой больше нескольких тысяч К)





# 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





## Виды плазм : Горячая плазма

Аккреционный диск **горячей плазмы**,  
вращающийся вокруг черной дыры



Солнце



# Свойства плазмы





## Свойства плазмы

- Достаточная плотность: заряженные частицы должны находиться достаточно близко друг к другу, чтобы каждая из них взаимодействовала с целой системой близкорасположенных заряженных частиц.  $r_D^3 N \gg 1$
- Приоритет внутренних взаимодействий: радиус дебаевского экранирования должен быть мал по сравнению с характерным размером плазмы.  $\frac{r_D}{L} \ll 1.$
- Плазменная частота: среднее время между столкновениями частиц должно быть велико по сравнению с периодом плазменных колебаний.

$$\tau \omega_{pl} \gg 1.$$



## Степень и кратность ионизации

- Для того, чтобы газ перешел в состояние плазмы, его необходимо ионизировать. Степень ионизации пропорциональна числу атомов, отдавших или поглотивших электроны, и больше всего зависит от температуры. Даже слабо ионизированный газ, в котором менее 1 % частиц находятся в ионизированном состоянии, может проявлять некоторые типичные свойства плазмы.



# Температура

Плазму делят на низкотемпературную (температура меньше миллиона К) и высокотемпературную (температура миллион К и выше). Такое деление обусловлено важностью высокотемпературной плазмы в проблеме осуществления управляемого термоядерного синтеза. Разные вещества переходят в состояние плазмы при разной температуре, что объясняется строением внешних электронных оболочек атомов вещества: чем легче атом отдает электрон, тем ниже температура перехода в плазменное состояние.



# Плотность

В квазинейтральной плазме плотность ионов связана с ней посредством среднего зарядового числа ионов. Следующей важной величиной является плотность нейтральных атомов. В горячей плазме мала, но может тем не менее быть важной для физики процессов в плазме. При рассмотрении процессов в плотной, неидеальной плазме характерным параметром плотности становится  $\Gamma$ , который определяется как отношение среднего межчастичного расстояния к радиусу Бора.



## Квазинейтральность

Так как плазма является очень хорошим проводником, электрические свойства имеют важное значение. Потенциалом плазмы или потенциалом пространства называют среднее значение электрического потенциала в данной точке пространства. В случае если в плазму внесено какое-либо тело, его потенциал в общем случае будет меньше потенциала плазмы вследствие возникновения дебаевского слоя. Такой потенциал называют плавающим потенциалом. По причине хорошей электрической проводимости плазма стремится экранировать все электрические поля. Это приводит к явлению квазинейтральности — плотность отрицательных зарядов с хорошей точностью равна плотности положительных зарядов.  $n_e = \langle Z \rangle n_i$



# Концентрация частиц в плазме

Помимо температуры, которая имеет фундаментальную важность для самого существования плазмы, вторым наиболее важным свойством плазмы является концентрация заряженных частиц. Словосочетание концентрация плазмы обычно обозначает концентрация электронов, то есть число свободных электронов в единице объёма.



# Отличия плазмы от газообразного состояния

Свойство	Газ	Плазма
1. Электрическая проводимость	Крайне мала	Очень высока
2. Число сортов частиц	Один	Два, или три и более
3. Распределение по скоростям	Максвельный	Может быть немасвелловское
4. Тип взаимодействий	Бинарные	Коллективные



# Получение плазмы

Чтобы перевести газ в состояние плазмы, нужно оторвать хотя бы часть электронов от атомов, превратив эти атомы в ионы. Такой отрыв от атомов называют ионизацией. В природе и технике ионизация может производиться различными путями. Самые распространенные из них:

- Ионизация тепловой энергией
- Ионизация электрическим разрядом.
- Ионизация давлением.
- Ионизация лазерным излучением.



## 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.





# Применение плазмы

**ПЛАЗМЕННАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ**, извлечение из руд, плавка и обработка металлов и сплавов с использованием плазменного нагрева.

**ПЛАЗМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**, технологические процессы, основаны на использовании низкотемпературной плазмы, создаваемой плазмотроном, для резки, сварки, наплавки металлических материалов, разрушения горных пород (плазменное бурение). Эффективно применение плазменной технологии в сочетании с механической обработкой при изготовлении деталей из высокопрочных, труднообрабатываемых материалов (плазменно-механическая обработка).

**ПЛАЗМЕННОЕ БУРЕНИЕ**, способ бурения горных пород высокой крепости с применением плазмобура.





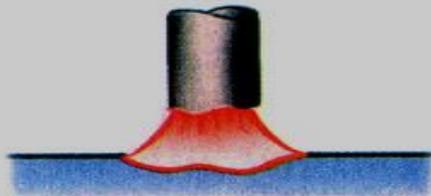
## Плазма как негативное явление.

Существуют случаи, когда приходится учитывать плазму, как явление, которого нужно избежать. Это возникновение плазменной дуги при коммутационных и переходных процессах. Например, при отключении линии электропередачи в выключателе между контактами возникает дуга, которая должна быть погашена как можно быстрее.

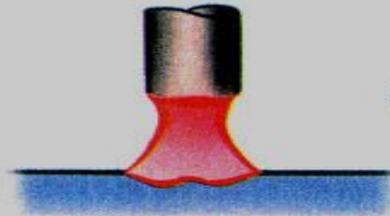
Короткое замыкание



Образование прослойки из жидкого металла



Образование шейки



Возникновение дуги

