КОНСПЕКТ УРОКА ПО ФИЗИКЕ НА ТЕМУ «ПЛАЗМА»

Что такое плазма?

*ПЛАЗМА* - частично или полностью ионизированный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы. В лабораторных условиях плазма образуется в электрическом разряде в газе, в процессах горения и взрыва. Термин “плазма” в физике был введен в 1929 американскими учеными И.Ленгмюром и Л.Тонксом. Вещество, разогретое до температуры в сотни тысяч и миллионы градусов, уже не может состоять из обычных нейтральных атомов. При столь высоких температурах атомы сталкиваются друг с другом с такой силой, что не могут сохраниться в целостности. При ударе атомы разделяются на более мелкие составляющие - атомные ядра и электроны. Эти частицы наделены электрическими зарядами: электроны - отрицательным, а ядра - положительным. Смесь этих частиц, называемая *плазма* представляет собой своеобразное состояние вещества, которое очень сильно отличается от относительно холодного газа по свойствам. Под плазмой в физике понимают газ, состоящий из электрически заряженных и нейтральных частиц, в котором суммарный электрический заряд равен нулю, то есть, выполнено условие *квазинейтральности*. Средние кинетические энергии различных типов частиц, составляющих плазму, могут быть разными. Поэтому в общем случае плазму характеризуют не одним значением температуры, а несколькими – различают электронную температуру Те, ионную температуру Тi и температуру нейтральных атомов Та. Плазму с ионной температурой Тi < 105 К называют низкотемпературной, а с Тi > 106 К – высокотемпературной. Высокотемпературная плазма является основным объектом исследования по УТС. Низкотемпературная плазма находит применение в газоразрядных источниках света, газовых лазерах.

Плазма обладает специфическими свойствами:

1. она в целом электронейтральна, но обладает электропроводностью;
2. при наличии магнитного поля она сосуществует с ним
3. в плазме возможен электрический дрейф,
4. в ней возможен магнитный дрейф;
5. плазма поглощает электромагнитные колебания определённой частоты (плазменная частота).
6. в ней могут распространяться гидромагнитные волны.

Рассмотрим некоторые из них.

Степень ионизации

Степень ионизации определяется как отношение числа ионизованных частиц к общему числу частиц. Для низкотемпературных плазм характерны малые степени ионизации (<1%). Так как такие плазмы довольно часто употребляются в плазменных технологиях их иногда называют технологичными плазмами. Чаще всего их создают при помощи электрических полей, которые ускоряют электроны, которые в свою очередь ионизуют атомы. Электрические поля вводятся в газ посредством индуктивной или емкостной связи. Типичные применения низкотемпературных плазм включают плазменную модификацию свойств поверхности, плазменное травление поверхностей (полупроводниковая промышленность), очистка газов и жидкостей (озонирование воды и сжигание частичек сажи в дизельных двигателях). Горячие плазмы почти всегда полностью ионизованы (степень ионизации ~100%). Обычно именно они понимаются под «четвертым агрегатным состоянием вещества». Примером может служить Солнце.

Плотность

Помимо температуры, которая имеет фундаментальную важность для самого существования плазмы, вторым наиболее важным свойством плазмы является плотность. Слово плотность плазмы обычно обозначает плотность электронов, т.е. число свободных электронов в единице объема (строго говоря, здесь, плотностью называют концентрацию — не массу единицы объема, а число частиц в единице объема). Плотность ионов связана с ней посредством среднего зарядового числа ионов. Следующей важной величиной является плотность нейтральных атомов *n*0. В горячей плазме *n*0 мала, но может тем не менее быть важной для физики процессов в плазме.

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. В силу хорошей электрической проводимости плазмы разделение положительных и отрицательных зарядов невозможно на расстояниях больших дебаевской длины и временах больших периода плазменных колебаний.Примером неквазинейтральной плазмы является пучок электронов. Однако плотность не-нейтральных плазм должна быть очень мала, иначе они быстро распадутся за счет кулоновского отталкивания.

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.

Использование плазмы.

Наиболее широко плазма применяется в светотехнике - в газоразрядных лампах, освещающих улицы. Гуляя вечером по улицам города, мы любуемся световыми рекламами, не думая о том, что в них светится неоновая или аргоновая плазма. Пользуемся лампами дневного света. Всякий, кто имел «удовольствие» устроить в электрической сети короткое замыкание, встречался с плазмой. Искра, которая проскакивает между проводами, состоит из плазмы электрического разряда в воздухе. Дуга электрической сварки тоже плазма. Любое вещество, нагретое до достаточно высокой температуры, переходит в состояние плазмы. Легче всего это происходит с парами щелочных металлов, таких, как натрий, калий, цезий. Обычное пламя обладает некоторой теплопроводностью; оно, хотя и в слабой степени, ионизировано, то есть является плазмой. Причина этой проводимости - ничтожная примесь натрия, который можно распознать по желтому свечению. Для полной ионизации газа нужна температура в десятки тысяч градусов. Кроме того, плазма применяется в самых разных газоразрядных приборах: выпрямителях электрического тока, стабилизаторах напряжения, плазменных усилителях и генераторах сверхвысоких частот (СВЧ), счётчиках космических частиц. Все так называемые газовые лазеры (гелий-неоновый, криптоновый, на диоксиде углерода и т. п.) на самом деле плазменные: газовые смеси в них ионизованы электрическим разрядом. *Газовую плазму* принято разделять на *низкотемпературную* - до 100 тыс. градусов и *высокотемпературную* - до 100 млн градусов. Существуют генераторы низкотемпературной плазмы - плазмотроны, в которых используется электрическая дуга. С помощью плазмотрона можно нагреть почти любой газ до 7000-10000 градусов за сотые и тысячные доли секунды. Центральной задачей физики плазмы является проблема управляемого термоядерного синтеза. Термоядерными называют реакции синтеза более тяжёлых ядер из ядер лёгких элементов (в первую очередь изотопов водорода - дейтерия D и трития Т), протекающие при очень высоких температурах. В естественных условиях термоядерные реакции происходят на Солнце: ядра водорода соединяются друг с другом, образуя ядра гелия, при этом выделяется значительное количество энергии. Искусственная реакция термоядерного синтеза была осуществлена в водородной бомбе.