ГИМНАЗИЯ №11

РЕФЕРАТ

на тему

«Плазма – четвертое состояние вещества»

Выполнил: ученик 10 Б класса

Грибанов Кирилл

г.Одинцово 2001 г.

ЧТО ТАКОЕ ПЛАЗМА

Словом «плазма» (от греч. «плазма» — «оформленное») 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) иЛеви 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».

В зависимости от температуры любое вещество изменяет своё состояние. Так, вода при отрицательных (по Цельсию) температурах находится в твёрдом состоянии, в интервале от 0 до 100 "С - в жидком, выше 100 °С—в газообразном. Если температура продолжает расти, атомы и молекулы начинают терять свои электроны — ионизуются и газ превращается в плазму. При температурах более 1 000 000 °С плазма абсолютно ионизована — она состоит только из электронов и положительных ионов. Плазма — наиболее распространённое состояние вещества в природе, на неё приходится около 99 % массы Вселенной. Солнце, большинство звёзд, туманности — это полностью ионизованная плазма. Внешняя часть земной атмосферы (ионосфера) тоже плазма.

Ещё выше располагаются радиационные пояса, содержащие плазму. Полярные сияния, молнии, в том числе шаровые, — всё это различные виды плазмы, наблюдать которые можно в естественных условиях на Земле. И лишь ничтожную часть Вселенной составляет вещество в твёрдом состоянии — планеты, астероиды и пылевые туманности.

Под плазмой в физике понимают газ, состоящий из электрически заряженных и нейтральных частиц, в котором суммарный электрический заряд равен нулю, т. с. выполнено условие квазинейтральности (поэтому, например, пучок электронов, летящих в вакууме, не плазма: он несет отрицательный заряд).

# **КАК ИСПО****ЛЬЗУЮТ ПЛАЗМУ**

Наиболее широко плазма применяется в светотехнике — в газоразрядных лампах, освещающих улицы, и лампах дневного света, используемых в помещениях. А кроме того, 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.

Свойствами, характерными для плазмы, обладают электроны проводимости в металле (ионы, жестко закрепленные в кристаллической решётке, нейтрализуют их заряды), совокупность свободных электронов и подвижных «дырок» (вакансий) в полупроводниках. Поэтому такие системы называют плазмой твёрдых тел

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. С созданием плазмотрона возникла новая область науки — плазменная химия: многие химические реакции ускоряются или идут только в плазменной струе. Плазмотроны применяются и в горно-рудной промышленности, и для резки металлов.

Созданы также плазменные двигатели, магнитогидродинамические электростанции. Разрабатываются различные схемы плазменного ускорения заряженных частиц. 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 (» 108 К и выше)

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.

## УПРАВЛЯЕМЫЕ ТЕРМОЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ

Считается, что запасов химически топлива человечеству хватит на несколько десятков лет. Ограниченны и разведанные запасы ядерного горючего. Спасти человечество от энергетического голода и стать практически неисчерпаемым источником энергии могут управляемые термоядерные реакции в плазме.

В 1 л обычной воды содержится 0,15 мл воды тяжёлой (D2O). При слиянии ядер дейтерия из 0,15 мл D2O выделяется столько же энергии, сколько её образуется при сгорании 300 л бензина. Тритий в природе практически не существует, однако его можно получить, бомбардируя нейтронами n изотоп лития:

n+7 Li → 4He + T

Ядро атома водорода не что иное как протон p. В ядре дейтерия содержится, кроме того, ещё один нейтрон, а в ядре трития — два нейтрона. Дейтерий и тритий могут реагировать друг с другом десятью разными способами. Но вероятности такой реакций различаются порой в сотни триллионов раз, а количество выделяющейся энергии — в 10—15 раз. Практический интерес представляют только три из них:

D + D → T + p + 4МэВ ;

D + D → 3He + n + 3,3МэВ;

D + T → 4He + n + 17,6МэВ.

Если все ядра в каком-то объёме одновременно вступают в реакцию, энергия выделяется мгновенно. Происходит термоядерный взрыв. В реакторе же реакция синтеза должна протекать медленно.

Осуществить управляемый термоядерный синтез до сих пор не удалось, а преимущества он сулит немалые. Энергия, которая выделяется при термоядерных реакциях на единицу массы топлива, в миллионы раз превышает энергию химического топлива и, значит, в сотни раз дешевле. В термоядерной энергетике нет выброса продуктов сгорания в атмосферу и радиоактивных отходов. Наконец, на термоядерной электростанции исключен взрыв.

Во время синтеза основная часть энергии (более 75 %) выделяется в виде кинетической энергии нейтронов или протонов. Если замедлить нейтроны в подходящем веществе, оно нагревается; полученную теплоту легко превратить в электрическую энергию. Кинетическая энергия заряженных частиц — протонов — преобразуется в электричество непосредственно.

В реакции синтеза ядра Должны соединяться, но они заряжены положительно и, следовательно, по закону Кулона, отталкиваются. Чтобы преодолеть силы отталкивания, даже ядрам дейтерия и трития, имеющим наименьший заряд (Z. = 1), необходима энергия около 10 или 100 кэВ. Ей соответствует температура порядка 108—109 К. При таких температурах любое вещество находится в состоянии высокотемпературной плазмы.

С позиций классической физики реакция синтеза невозможна, но здесь на помощь приходит чисто квантовый - туннельный эффект. Вычислено, что температура зажигания, начиная с которой выделение энергии превосходит её потери, для реакции дейтерий— тритий (DТ) равна приблизительно 4,5\*107 К, а для реакций дейтерий—дейтерий (DD) — около 4\*108 К. Естественно, предпочтительнее реакция DТ. Нагревают плазму электрическим током, лазерным излучением, электромагнитными волнами и другими способами. Но важна не только высокая температура.

Чем выше концентрация, тем чаще сталкиваются друг с другом частицы, поэтому может показаться, что для осуществления термоядерных реакций лучше использовать плазму высокой плотности. Однако, если бы в 1 см3 плазмы содержалось 1019 частиц (концентрация молекул в газе при нормальных условиях), давление в ней при температурах термоядерных реакций достигало бы порядка 106 атм. Такого давления не выдерживает ни одна конструкция, а потому плазма должна быть разрежённой (с концентрацией около 1015 частиц в 1 см3). Соударения частиц в этом случае происходят реже, и для поддержания реакции необходимо увеличивать время пребывания их в реакторе, или время удержания. Значит, для осуществления термоядерной реакции необходимо рассматривать произведение концентрации частиц плазмы на время их удержания. Для реакций DD это произведение (так называемый критерий Лоусона) равно 1016 с/см3, а для реакции DТ — 1014с/см3. Следовательно, реакцию DТ реализовать легче, чем DD.

Когда начинались исследования плазмы, казалось, что осуществить управляемый синтез удастся быстро. Но со временем выяснилось, что в высокотемпературной плазме происходят сложные процессы и решающую роль играют многочисленные неустойчивости. Сегодня разрабатывается несколько типов устройств, в которых предполагается провести термоядерный синтез. Наиболее перспективными считаются токамаки (сокращение от «ТОроидальная КАмера с Магнитными КАатушками»). Токамак представляет собой гигантский трансформатор, первичная катушка которого намотана на сердечник, а вторичная имеет единственный виток — вакуумную камеру в форме бублика, тора (от лат*.* TORUS — «выпуклость»), с плазменным шнуром внутри. Система магнитов удерживает шнур в центре камеры, а ток силой в тысячи ампер нагревает его до требуемой температуры. Нейтроны, образующиеся в ходе термоядерной реакции, поглощаются в бланкете — слое вещества, окружающем камеру. Выделяющееся при этом тепло можно использовать для получения электроэнергии.

Несмотря на кажущуюся простоту токамака, ни одно устройство подобного типа не дало положительного выхода энергии. Большие надежды возлагаются на проектируемый в настоящее время гигантский токамак ITER. На этой установке, если она будет сооружена к 2005 г., предполагаемая мощность выхода 1,5 • 109 Вт. Среди других проектов следует отметить два: стеллараторы и устройства инерциального удержания плазмы.

Магнитное поле сложной формы, удерживающее плазму в круговой камере токамака, противодействует собственному полю плазменного шнура, которое стремится изогнуть траекторию заряженных частиц плазмы. В стеллараторе (от лат. STELLA — Звезда») плазме позволили принять форму, какую она «хочет», и оставили только поле, сжимающее шнур. Вакуумная камера приобрела весьма причудливый вид, а множество магнитных катушек — довольно сложную форму. Эксперименты на стеллараторах идут в разных странах, но добиться нужной температуры и времени удержания плазмы пока не удалось.

Принципиально иным является метод инерциального удержания плазмы, основанный на инерции реакционной смеси, которая при мгновенном нагреве (например, лазерным (импульсом) разлетается не сразу. Ампулу, где находится смесь дейтерия с тритием, облучают со всех сторон {лазерными импульсами длительностью до 10-10 с и суммарной мощностью порядка 1020 Вт/см. Оболочка ампулы испаряется, расширяющиеся газы и световое давление сжимают её содержимое почти в 50 тыс. раз. Давление в смеси возрастает до 1 млн. атм, а её плотность — до 50—100 г/см3. При таких условиях начинается термоядерная реакция.

Но и на этом пути имеется ряд технологических трудностей, пока не позволяющих превратить экспериментальные лазерные установки в промышленные реакторы.