

ПОЛУЧЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ, ЗНАКОМСТВО С ПЛАЗМЕННО-ПОЛЕВЫМИ КРИСТАЛЛАМИ

Скобляков А.А.

р.п. Н-Кисляй, МКОУ Нижнекисляйская СОШ им. Полякова, 11 класс

*Научный руководитель: Сахарова Т.А., учитель физики, р.п. Н-Кисляй,
МКОУ Нижнекисляйская СОШ им. Полякова*

Плазма – самое распространенное состояние вещества в природе: по оценкам, в этом состоянии находится примерно 95 % обычной материи во Вселенной. Звезды – это сгустки плазмы, ионизованного газа с температурой в десятки и сотни миллионов градусов. Свойства плазмы составляют основу современных технологий, область применения которых обширна.

Данной исследовательской работой я занялся, потому что меня заинтересовало еще малоизученное в современном мире четвертое состояние вещества – плазма. Увлечение явлением, обнаруженное недавно в низкотемпературной плазме, – образование «плазменного кристалла», то есть пространственно-упорядоченной структуры из мелкодисперсных частиц – плазменной пыли.

Цель моего исследования: получение низкотемпературной плазмы путем эксперимента, знакомство с плазменно-полевыми кристаллами.

Задачи исследования:

1. Расширить знания о «плазме».
2. Получить низкотемпературную плазму в домашних условиях.
3. Узнать сферы применения плазмы.
4. Провести анализ, полученных сведений из различных источников и экспериментальных данных.

Актуальность данной работы в том, что в последнее время физика плазмы – активно развивающаяся область науки, в которой по сей день совершаются удивительные открытия, наблюдаются необычные явления, требующие понимания и объяснения. Открытия в этой сфере позволят улучшить качество жизни человека: организовать переработку отходов; производство альтернативной энергии; производство микросхем; увеличение прочности металлов; изобретение новых плазменных двигателей; победить вредные микробы; улучшить качество цветных изображений в плазменных панелях; объяснить эволюцию Вселенной и т.д.

Работа с источниками информации

История открытия плазмы

Четвертое состояние материи было открыто У. Круксом (рис. 1) в 1879 году и на-

звано «плазмой» И. Ленгмюром (рис. 2) в 1928 году возможно из-за ассоциации с четвертым состоянием вещества (плазмы) с плазмой крови.



Рис. 1. У. Круксон

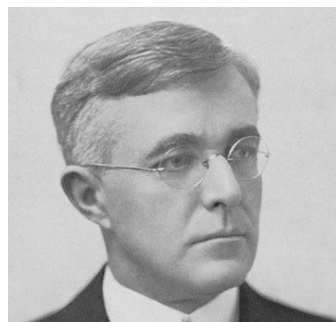


Рис. 2. И. Ленгмюр

И. Ленгмюр писал: «Исключая пространство около электродов, где обнаруживается небольшое количество электронов, ионизированный газ содержит электроны и ионы практически в одинаковых количествах, в результате чего суммарный заряд системы очень мал. Мы используем термин «плазма», что бы описать эту в целом электрически нейтральную область, состоящую из ионов и электронов». [1].

Понятие плазмы

Плазма – частично или полностью ионизованный газ, образованный из нейтраль-

ных атомов (или молекул) и заряженных частиц (ионов и электронов). Важнейшей особенностью плазмы является ее квазинейтральность, это означает, что объемные плотности положительных и отрицательных заряженных частиц, из которых она образована, оказываются почти одинаковыми.

Газ переходит в состояние плазмы, если некоторые из составляющих его атомов (молекул) по какой-либо причине лишились одного или нескольких электронов, т.е. превратились в положительные ионы. В некоторых случаях в плазме в результате «прилипания» электронов к нейтральным атомам могут возникать и отрицательные ионы.

Если в газе не остается нейтральных частиц, плазма называется полностью ионизованной. Плазма подчиняется газовым законам и во многих отношениях ведет себя как

газ. Вместе с тем, поведение плазмы в ряде случаев, особенно при воздействии на нее электрических и магнитных полей, оказывается столь необычным, что о ней часто говорят как о новом четвертом состоянии вещества (рис. 3).

Что такое пылевая плазма?

Пылевая плазма представляет собой ионизованный газ, содержащий пылинки – частицы твердого вещества. Такая плазма часто встречается в космосе: в планетных кольцах, хвостах комет, межпланетных и межзвездных облаках (рис. 4). Она обнаружена вблизи искусственных спутников Земли и в пристеночной области термоядерных установок с магнитным удержанием, а также в плазменных реакторах, дугах, разрядах.

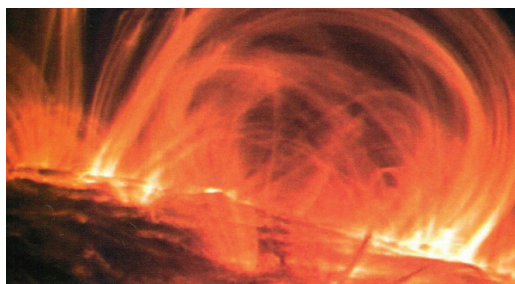


Рис. 3. Четвёртое состояние вещества



Рис. 4. Плазменный хвост кометы

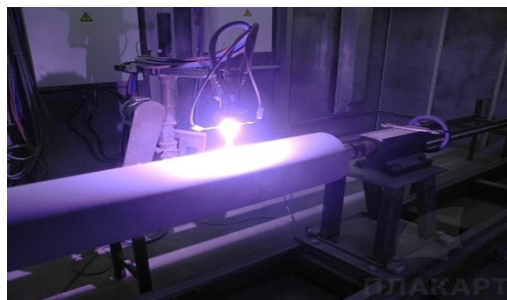


Рис. 5. Плазменное напыление



Рис. 6. Травление платины в водороде

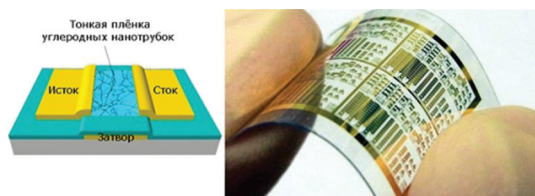


Рис. 7. Тонкая полупроводниковая пленка

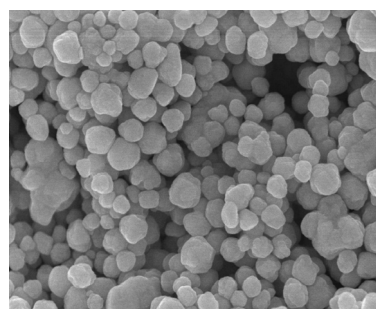


Рис. 8. Наночастицы

В лабораторных условиях пылевую плазму впервые получил американец Ирвинг Лэнгмюр еще в 20-х годах прошлого века. Однако активно изучать ее начали лишь в последнее десятилетие. Повышенный интерес к свойствам пылевой плазмы возник с развитием технологий плазменного напыления (рис. 5) и травления в микроэлектронике (рис. 6), а также производства тонких пленок (рис. 7) и наночастиц (рис. 8).

Плазменный кристалл

Размеры пылевых частиц относительно велики – от долей микрона до нескольких десятков, иногда сотен микрон (рис. 9). Их заряд может иметь чрезвычайно большую величину и превышать заряд электрона в сотни и даже в сотни тысяч раз. В результате средняя кулоновская энергия взаимодействия частиц, пропорциональная квадрату заряда, может намного превосходить их среднюю тепловую энергию (рис. 10). Получается плазма, которую называют сильно неидеальной, поскольку ее поведение не подчиняется законам идеального газа. (Напомним, что плазму можно рассматривать как идеальный газ, если энергия взаимодействия частиц много меньше их тепловой энергии).

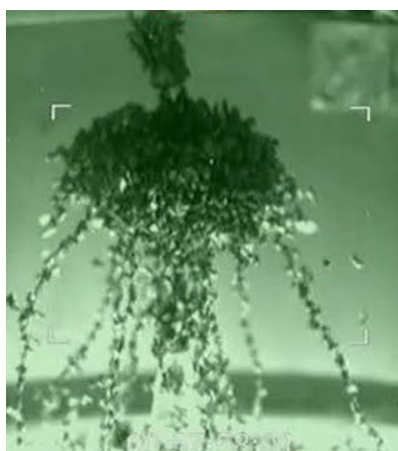


Рис. 9. Плазменный кристалл

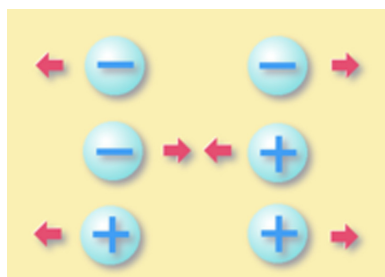


Рис. 10. Кулоновское взаимодействие

Теоретические расчеты равновесных свойств пылевой плазмы показывают, что при некоторых условиях сильное электростатическое взаимодействие «берет верх» над низкой тепловой энергией и заставляет заряженные частицы выстраиваться в пространстве определенным образом. Образуется упорядоченная структура, которая получила название кулоновского или плазменного кристалла. Плазменные кристаллы подобны пространственным структурам в жидкости или твердом теле (рис. 11). Здесь могут происходить фазовые переходы типа плавления и испарения.

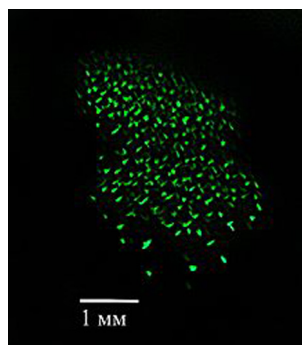


Рис. 11. Плазменный кристалл

Если частицы пылевой плазмы достаточно велики, плазменный кристалл можно наблюдать невооруженным глазом.

Получение низкотемпературной плазмы в домашних условиях

После некоторых исследований, свойств и характеристик плазмы, я смог провести опыт получения в домашних условиях низкотемпературной плазмы (Видео «Получение плазмы»). Для этого мне понадобилось следующее **оборудование**: СВЧ печь, вод ветроустойчивые спичка, стеклянная банка.



Рис. 12. Подготовительный этап



Рис. 13. Спичка под стеклянной банкой в СВЧ печи

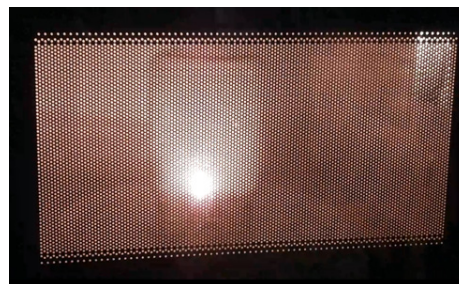


Рис. 14. Низкотемпературная плазма

Ход проведения опыта:

1. С начала я вынул из СВЧ печи стеклянное блюдо, на котором вращаются продукты при разогреве. Подготовил спичку (рис. 12).

2. Затем на центр Микроволновой печи я вставил спичку и зажег ее.

3. После этого я накрыл спичку стеклянной банкой, потом закрыл СВЧ печь, включил ее, установив функцию нагрева продуктов (рис. 13).

4. После некоторого количества времени можно увидеть, как в стеклянной банке с зажженной спичкой образовывается плазма (рис. 14).

Выводы

Благодаря этому простому опыту можно увидеть, как ионизируется газ под действием температуры и тем самым получается частично ионизированная плазма. Если мне удалось так просто получить низкотемпературную плазму, значит её можно получить на предприятиях, при этом затраты на её получение минимальны.

Заключения

Мне удалось получить низкотемпературную плазму в домашних условиях. Я расширил свои знания по данному вопросу, узнал много нового и интересного. Меня очень заинтересовала эта тема и уверен, что когда я буду выбирать профессию эта исследовательская работа оставит свой отпечаток.

«Хаотичная» плазма-это 5-е состояние вещества. Кристаллическая плазма-это состояние «организованной» плазмы, где ее не надо удерживать магнитным полем. Свойства плазмы составляют основу современных технологий, область применения которых обширна.

Я считаю, что плазма – это символ будущего, важнейшая отрасль, без которой немислимо дальнейшее развитие цивилизации. Плазма, на мой взгляд, альтернативный источник энергии и доктор экологии.

Список литературы

1. Арцимович Л.А. «Элементарная физика плазмы».
2. <http://www.nkj.ru/archive/articles/1318/> (Наука и жизнь, КРИСТАЛЛЫ В ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЕ).
3. Robert L. Merlino. Experimental Investigations of Dusty Plasmas (англ.) (PDF). Department of Physics and Astronomy, The University of Iowa (17 June 2005). – Исторический обзор исследований пылевой плазмы. Проверено 18 июля 2009. Архивировано из первоисточника 2 апреля 2012.
4. Фортов В.Е., А.Г. Храпак, С.А. Храпак, В.И. Молотков, О.Ф. Петров. Пылевая плазма (рус.)// УФН. – 2004. – Т. 174. – С. 495–544.
5. Цытович В.Н. Плазменно-пылевые кристаллы, капли и облака (рус.)// УФН. – 1997. – Т. 167. – С. 57–99.
6. Пылевая плазма // Энциклопедия низкотемпературной плазмы. – М.: Янус-К, 2006. – Т. 1.
7. Фортов В.Е. Плазменно-пылевые кристаллы и жидкости на Земле и в Космосе (рус.) // Вестник российской академии наук. – 2005. – Т. 75, № 11. – С. 1012-1027.
8. Клумов Б.А. О критериях плавления комплексной плазмы (рус.)// УФН. – 2010. – Т. 180. – С. 1095–1108.
9. Видео с ютуба «Изучение полевых кристаллов в космосе».