

¹ студент 5 курса физико-математического факультета, ГВУЗ «ДГПУ»

e-mail: fox_36@mail.ru

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

Рассмотрены вопросы повышения мотивации обучения, активизации умственной деятельности, творческого мышления учеников путем внедрения разработанного спецкурса, который может быть использован преподавателями ВУЗов, учителями школ, студентами и учениками. Спецкурс поможет углубить и расширить знания по физике и повысить эффективность и качество учебно-воспитательного процесса.

Ключевые слова: *термоядерный синтез, ИТЭР, Токамак, Стелларатор.*

Введение

Истощение существующих видов топлива обуславливает переход от органических топлив к широкомасштабной альтернативной энергетике ожидается в середине 21 века. Предполагается, что будущая энергетика будет более широко, чем нынешняя энергетическая система, использовать разнообразные и, в том числе, возобновляемые источники энергии, такие как: солнечная энергия, энергия ветра, гидроэлектроэнергия, выращивание и сжигание биомассы и ядерная энергия. Доля каждого источника энергии в общем производстве энергии будет определяться структурой потребления энергии и экономической эффективностью каждого из этих источников энергии.

Целью данного исследования является разработка методических рекомендаций для подготовки спецкурса «История исследования термоядерного синтеза» – дополнительные разделы физики для студентов III-го курса физико-математического факультета, направление подготовки 6.040203 Физика*.

В этой работе будет рассказано о физических основах термоядерного синтеза, об истории его освоения сначала в качестве термоядерного оружия, а потом в качестве альтернативного источника энергии. При рассказе об управляемом термоядерном синтезе помимо рассмотрения различного способа его получения, мы подробно остановимся на проекте ИТЭР – самом актуальном и перспективном проекте по управляемому термоядерному синтезу.

Особый интерес данной работы представляет раздел об управляемом термоядерном синтезе, в частности информация о проекте ИТЭР, потому что информация о нем доступна в основном на английском языке, а та информация, что на русском очень ограничена и разрознена.

Основная часть

Термоядерный синтез

Термоядерная реакция – разновидность ядерной реакции, при которой легкие атомные ядра объединяются в более тяжелые. Для того чтобы произошла реакция синтеза, исходные ядра должны преодолеть силу электростатического отталкивания, для этого они должны иметь большую кинетическую энергию. Если предположить, что кинетическая энергия ядер определяется их тепловым движением то можно сказать, что для реакции синтеза нужна большая температура. Поэтому реакция названа «термоядерной».

Управляемый термоядерный синтез (УТС) – синтез более тяжелых атомных ядер из более легких с целью получения энергии, который носит управляемый характер в отличие от взрывного термоядерного синтеза (используемого в термоядерном оружии). Управляемый термоядерный синтез отличается от традиционной ядерной энергетики тем, что в последней используется реакция распада, в ходе которой из тяжелых ядер получают более легкие ядра [2]. Рассматриваются две принципиальные схемы осуществления управляемого термоядерного синтеза:

1. Квазистационарные системы.

Нагрев и удержание плазмы осуществляется магнитным полем при относительно низком давлении и высокой температуре. Для этого применяются реакторы в виде токамаков, стеллараторов, зеркальных ловушек и торсатронов, которые отличаются конфигурацией магнитного поля. Реактор ИТЭР имеет конфигурацию токамака.

2. Импульсные системы.

В таких системах УТС осуществляется путем кратковременного нагрева небольших мишеней, содержащих дейтерий и тритий, сверхмощными лазерными или ионными импульсами. Такое облучение вызывает последовательность термоядерных микровзрывов. Исследования первого вида термоядерных реакторов существенно более развиты, чем второго.

Термоядерное сырье

Водород – бесцветный газ, первый элемент периодической системы элементов. Самое легкое вещество. Ион самого распространенного изотопа водорода H^1 – протон.

Некоторые изотопы водорода имеют собственные названия: ${}^1\text{H}$ – протий (H), ${}^2\text{H}$ – дейтерий (D) и ${}^3\text{H}$ – тритий (T). Широко распространен в природе, горюч.

Выделение горючего газа при взаимодействии кислот и металлов наблюдали в XVI и XVII веках на заре становления химии как науки. Знаменитый английский физик и химик Г. Кавендиш в 1766 году исследовал этот газ и назвал его «горючим воздухом». При сжигании «горючий воздух» давал воду, но приверженность Кавендиша теории флогистона помешала ему сделать правильные выводы. Французский химик А. Лавуазье совместно с инженером Ж. Менье, используя специальные газометры, в 1783 г. осуществил синтез воды, а затем и ее анализ, разложив водяной пар раскаленным железом. Таким образом он установил, что «горючий воздух» входит в состав воды и может быть из неё получен. Лавуазье дал водороду название *hydrogene* (от греческого *hydor* – вода и *gennaō* – рождаю) – «рождающий воду». Русское наименование «водород» предложил химик М. Ф. Соловьев в 1824 году.

История создания водородной бомбы

12 августа 1953 г. в СССР по схеме, предложенной Л. Д. Сахаровым и названной у нас «слоистой», был успешно испытан первый в мире реальный водородный заряд. В этом заряде в качестве термоядерного горючего был использован, по предложению В. Л. Гинзбурга, литий в виде твердого химического соединения. Это позволило в ходе термоядерной реакции (при взрыве) получить дополнительное количество трития, что заметно повышало мощность заряда.

Испытанный в СССР термоядерный заряд был готов к применению в качестве транспортабельной бомбы, то есть представлял собой первый реальный образец водородного оружия. Он имел несколько больший вес и те же габариты, что и первая советская атомная бомба, испытанная в 1949 г., но в 20 раз превышал её по мощности [4].

Управляемый термоядерный синтез

Проблема управляемого термоядерного синтеза настолько сложна, что самостоятельно с ней не справится ни одна страна. Поэтому мировое сообщество избрало самый оптимальный путь – создание проекта Международного термоядерного экспериментального реактора – ИТЭР, в котором на сегодня участвуют, кроме России, США, Евросоюз, Япония, Китай и Южная Корея.

Управляемый термоядерный синтез – процесс слияния легких атомных ядер, происходящий с выделением энергии при высоких температурах в регулируемых, управляемых условиях. Скорости протекания термоядерных реакций малы из-за кулоновского отталкивания положительно заряженных ядер.

Поэтому процесс синтеза идет с заметной интенсивностью только между легкими ядрами, обладающими малым положительным зарядом и только при высоких температурах, когда кинетическая энергия сталкивающихся ядер оказывается достаточной для преодоления кулоновского потенциального барьера.

Токамак – тороидальная установка для магнитного удержания плазмы. Плазма удерживается не стенками камеры, которые не способны выдержать ее температуру, а специально создаваемым магнитным полем. Особенностью токамака является использование электрического тока, протекающего через плазму для создания полоидального поля, необходимого для равновесия плазмы. Этим он отличается от стелларатора, в котором и тороидальное и полоидальное поле создается с помощью магнитных катушек.

Стелларатор – тип реактора для осуществления управляемого термоядерного синтеза. Изобретен Л. Спитцером в 1951 г. Название реактора происходит от лат. stella – звезда, что должно указывать на схожесть процессов, происходящих в стеллараторе и внутри звёзд. Он является замкнутой магнитной ловушкой для удержания высокотемпературной плазмы. Принципиальное отличие стелларатора от токамака заключается в том, что магнитное поле для удержания плазмы полностью создается внешними катушками, что, помимо прочего, позволяет использовать его в непрерывном режиме.

Лазерный термоядерный синтез

К настоящему времени сформировалось самостоятельное направление термоядерных исследований – лазерный термоядерный синтез (ЛТС). Микросфера, наполненная термоядерным топливом, со всех сторон «равномерно» облучается многоканальным лазером. В результате взаимодействия греющего излучения с поверхностью мишени образуется горячая плазма с температурой несколько килоэлектронвольт (так называемая плазменная корона), разлетающаяся навстречу лучу лазера с характерными скоростями от 10^7 в 10^8 степени см/сек. В современных модельных экспериментах на уровне энергий лазерного излучения 10-100 кДж удается достичь высоких (приблизительно 90%) коэффициентов поглощения греющего излучения [3].

Проект ИТЭР (ITER) – проект международного экспериментального термоядерного реактора. Первоначально название ITER было образовано как сокращение английского названия International Thermonuclear Experimental Reactor (Международный термоядерный экспериментальный реактор). В настоящее время оно, официально, не считается аббревиатурой, а связывается с латинским словом iter – путь. Задача ИТЭР заключается в демонстрации осуществимости создания термоядерного реактора и решении физических и

технологических проблем, которые могут встретиться на этом пути.

В настоящее время проектирование реактора полностью закончено и выбрано место для его строительства – французский город Кадараш. Страны-участницы: Евросоюз, Индия, Китай, Республика Корея, Россия, США, Япония. ИТЭР относится к термоядерным реакторам типа «токамак» [1].

Выводы

Из проведенного анализа литературы по теме магистерской работы «История исследования термоядерного синтеза» было отмечено, что учебной литературы по данной теме не достаточно.

Разработана рабочая программа спецкурса дополнительные разделы физики «История исследования термоядерного синтеза» для студентов 3-го курса физико-математического факультета, направление подготовки 6.040203 Физика*, в которой предложена тематика лекционного курса и семинарских занятий.

Практическое значение этого исследования заключается в том, что разработанный спецкурс может быть использован преподавателями ВУЗов, учителями школ, студентами и учениками. Спецкурс поможет углубить и расширить знания по физике и повысить эффективность и качество учебно-воспитательного процесса.

Литература

- [1] Официальный сайт проекта ИТЭР // www.iter.org. — 2013. — 17 апр.
- [2] *Киллин Дж.* Управляемый термоядерный синтез / Дж. Киллин. — М.: Мир, 1980. — 466 с.
- [3] *Лукьянов С.Ю.* Горячая плазма и управляемый ядерный синтез / С.Ю. Лукьянов. — М.: Наука, 1975. — 398 с.
- [4] *Флёров Г.Н.* История атомного проекта / Г.Н. Флеров // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Термоядерный синтез. — М.: РНЦ Курчатовский институт, 1998. — Вып. 80. — С. 162.