

НАУКА ДЛЯ ОБЩЕСТВА

Эффективность термоядерных реакторов повысит поляризованное топливо

Ученые из Новосибирска и Германии исследуют возможность получения нового топлива из ядерно-поляризованных частиц (преимущественно дейтерия), способного повысить эффективность работы термоядерных реакторов, в рамках совместного проекта «К молекулярному источнику поляризованного дейтериевого топлива для исследований ядерного синтеза и других применений»

Неудержимо развиваясь, человечество потребляет всё больше и больше электроэнергии. К настоящему времени ее годовое производство составляет более 50 000 млрд кВт-час. Из них свыше 85 % приходится на сжигание нефти, угля и газа, запасы которых не бесконечны. По различным оценкам их хватит на 30–70 лет. Кроме того, при производстве и потреблении топлива из традиционного сырья в атмосферу Земли ежегодно выбрасывается более 30 млрд тонн диоксида углерода (CO_2) — такое количество может привести к парниковому эффекту. По мнению ученых, увеличение температуры воздуха более чем на два градуса по Цельсию чревато возрастанием риска климатических катаклизмов.

В настоящее время пять процентов электроэнергии вырабатывается атомными станциями — и количество это будет, по-видимому, расти. Однако, как мы знаем, на таких объектах случаются катастрофы.

Ученые полагают, что энергетикой будущего станет управляемый термоядерный синтез (УТС) — синтез более тяжелых атомных ядер из более легких с целью получения энергии. УТС отличается от традиционной ядерной энергетики тем, что в последней используется реакция распада, в ходе которой из тяжелых ядер получаются более легкие.

В настоящее время на юге Франции в местечке Кадараш создается Международный термоядерный экспериментальный реактор (International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER), задачей которого является демонстрация возможности коммерческого использования термоядерного синтеза для получения энергии и решение физических и технологических проблем, которые встретятся на этом пути.

Основная реакция, используемая в ITER — слияние ядер дейтерия и трития с образованием ядра гелия (альфа-частицы) и высокоэнергетического нейтрона. Ядерный спин дейтерия равен 1, а спин ядра трития $1/2$. Полный спин такой системы может быть равен $3/2$ или $1/2$. Для энергий плазмы, характерной для ITER, эта реакция протекает в S-волне (поперечной) и имеет резонансный характер для спина $3/2$ (вероятность взаимодействия 96 %), остальное приходится на спин $1/2$ и более высокие волны. Учитывая статистический вес этих состояний, можно сказать, что одна треть ядер, находящихся в реакторе, практически не участвует в получении энергии. Тем не менее эта часть прогревается до высокой температуры, то есть энергия тратится впустую.

«Как уголь: бывает с высокой зольностью и низкой. Плохо, если после прогорания остается много золы. Процессы в основе функционирования реактора устроены таким образом, что, скажем, $1/3$ топлива просто не работает. Однако если взять поляризованное топливо, этого можно избежать. В таком случае оно будет использовать-

ся на 100 %, и затраты уменьшатся, а мощность термоядерного реактора останется прежней», — рассказывает руководитель российского научного коллектива, ведущий научный сотрудник Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН доктор физико-математических наук Дмитрий Константинович Топорков.

Связано это с тем, что ядерные силы зависят от взаимной ориентации спинов взаимодействующих частиц. Применяв поляризованное топливо, получим взаимодействующие частицы с суммарным спином $3/2$, повысив тем самым эффективность использования топлива в полтора раза.

ризованные молекулы можно было бы сконденсировать в жидкость или в лед. В Германии, конечно, работают над получением поляризованных молекул, только процесс этот весьма трудоемок. Сначала образуют поляризованные атомы (интенсивность которых, как отмечалось ранее, ограничена), далее объединяют их в молекулу. Важно, что немецкие ученые умеют измерять степень поляризации ядер в молекулах.

Новосибирские специалисты считают, что традиционной цепочки (молекулы — поляризованные атомы — поляризованные молекулы) можно избежать и сразу получать последние. Однако из-за замкнутой электронной оболочки молекула обладает только ядерными магнитными моментами, которые весьма малы.

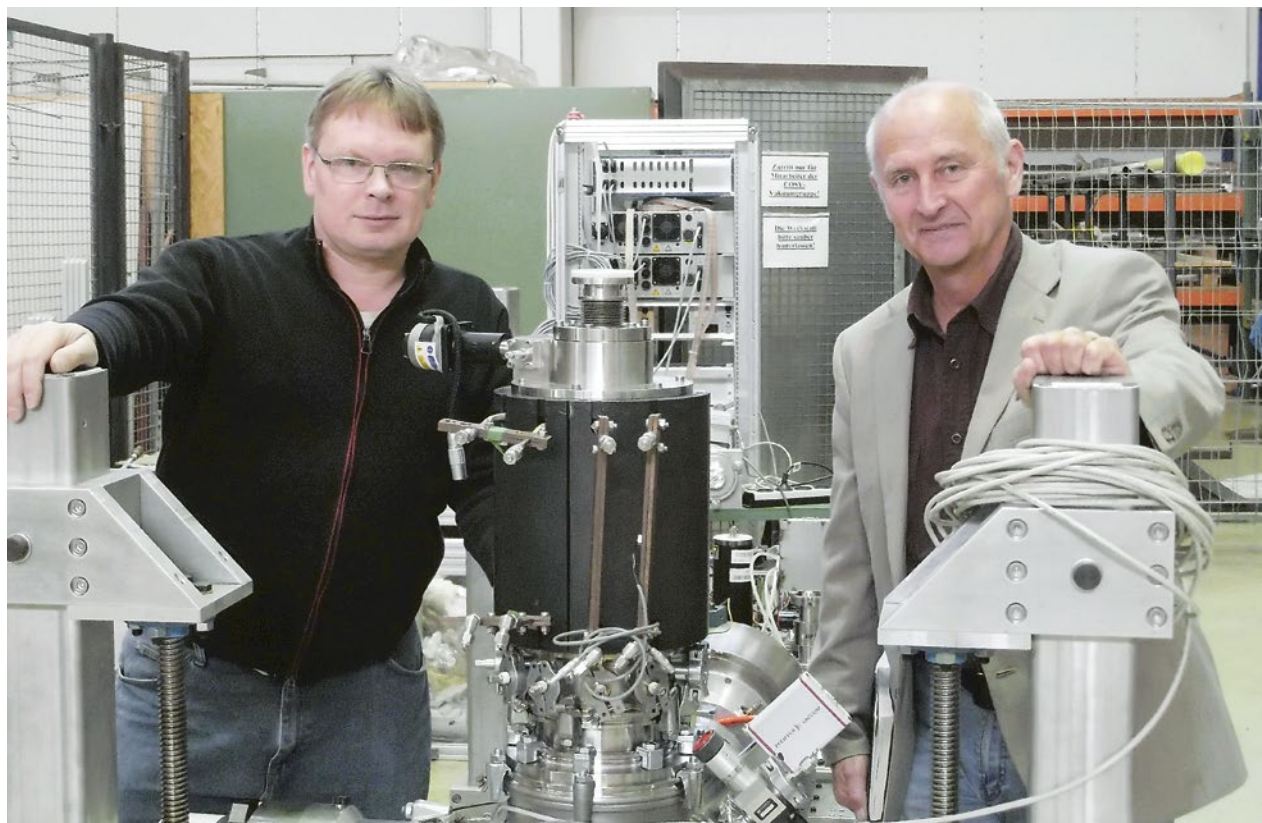
В этом отношении атом гораздо удобнее, так как у него магнитный момент в 300 раз больше, чем у молекулы, поэтому атомы проще сфокусировать и разделить пространственно. Дмитрий Топорков уверяет, что это не проблема: «Поскольку у нас имеются сверхпроводящие магниты с весьма большим магнитным полем, то мы способны сфокусировать молекулы. Для этого нужно сильно понизить их температуру. Сделать это несложно, так как в источнике используется жидкий гелий. Нам важно продемонстрировать такую возможность и изучить фокусировку молекул, а дальше, на основе результатов, полученных в ходе этого исследования, — создавать более масштабный прототип. Например, сейчас у нас два магнита длиной 7 и 12 сантиметров, а надо

будет увеличить этот параметр до двух метров. В принципе, всё это реализуемо».

Другой вопрос, ответ на который ученым предстоит найти в ходе своего проекта, получившего совместный грант Российского научного фонда и Немецкого физического общества, — изучение сохранения поляризации молекул, а также ее измерение. Немецкие ученые создали Lamb-shift поляриметр — установку, с помощью которой можно анализировать ядерную поляризацию как атомов, так и молекул. «Наши партнеры готовы сделать большую часть поляриметра, мы, в свою очередь, также внесем вклад в устройство и применим его для исследования поляризации молекул из нашего источника», — добавляет Дмитрий Константинович Топорков.

В дальнейшем ученые планируют узнать, долго ли сохраняется поляризация, а также заняться самими молекулами: есть ли возможность их компрессировать, собирать и изучать свойства. В перспективе поляризованные молекулы, возможно в замороженном виде (как таблетки льда), послужат топливом для установок, работающих на основе лазерного синтеза, токамак-реакторов или в качестве поляризованной мишени высокой плотности для различных физических экспериментов.

Елена Ситникова
Фото предоставлено ИЯФ СО РАН



Инициаторы проекта Ральф Энгельс (FZ Juelich) и Дмитрий Топорков (ИЯФ СО РАН)

Поляризованные атомные пучки дейтерия и водорода получают уже давно в целях проведения физических экспериментов, в том числе и в ИЯФ СО РАН. Для этого создается сложная электрофизическая установка, в которой из обычных молекул (газ дейтерий или водород из баллона) формируется пучок поляризованных по ядерному спину атомов.

«Для проведения экспериментов с поляризованными мишенями в ИЯФ был сделан наиболее мощный источник поляризованных атомов дейтерия со сверхпроводящими секступольными магнитами. Между тем топливо в виде атомов недостаточно эффективно, и, что самое печальное, интенсивность таких источников принципиально ограничена некоторыми физическими процессами. Поэтому мы предложили схему получения поляризованных по ядерному спину молекул. Данное решение облегчает изготовление поляризованного топлива и снимает ряд принципиальных ограничений», — объясняет Дмитрий Константинович.

В Дюссельдорфском университете им. Генриха Гейне (Германия) ученые трудятся над управляемым инерциальным термоядерным синтезом, когда твердое или жидкое топливо разогревается до нужных температур сверхмощным лазерным импульсом. Поляризованное топливо и здесь бы повысило выход реакции. В данном случае поля-

АНОНС

Наука в Сибири

Подписка на газету «Наука в Сибири» — лучший подарок!

Не знаете, что подарить интеллигентному человеку? Подпишите его на газету «Наука в Сибири» — старейший научно-популярный еженедельник в стране, издающийся с 1961 года! И не забывайте подписаться сами, ведь «Наука в Сибири» — это:

- 8–12 страниц эксклюзивной информации еженедельно — уже второй год мы выходим в цвете!
- 50 номеров в год плюс уникальные спецвыпуски!
- статьи о науке — просто о сложном, понятно о таинственном!

- самые свежие новости о работе руководства СО РАН!
- полемичные интервью и острые комментарии!
- яркие фоторепортажи!
- подробные материалы с конференций и симпозиумов!
- объявления о научных вакансиях и поздравления ученых!

Если вы хотите забирать газету в Президиуме СО РАН, можете подписаться в редакции «Науки в Сибири» (пр. Академика Лаврентьева, 17, к. 217, пн-пт с 9.30 до 17.30), стоимость полугодовой подписки — 120 рублей. Если же вам удобнее получать газету по почте, то у вас есть возможность подписаться в любом отделении «Почты России».

КОНКУРС

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», физический факультет, объявляет выборы на замещение вакантных должностей: кафедра аэрофизики и газовой динамики: заведующий кафедрой — 1; кафедра высшей математики: заведующий кафедрой — 1; кафедра общей физики: заведующий кафедрой — 1. Требования к претендентам: наиболее квалифицированные и авторитетные специалисты соответствующего профиля; ученая степень или ученое звание; стаж научной или научно-педагогической работы не менее пяти лет. Срок подачи документов — один месяц со дня опубликования объявления. Соискатели могут ознакомиться с положениями и предоставить документы для участия в конкурсе по адресу: 630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, ком. 249; тел.: 363-43-20.