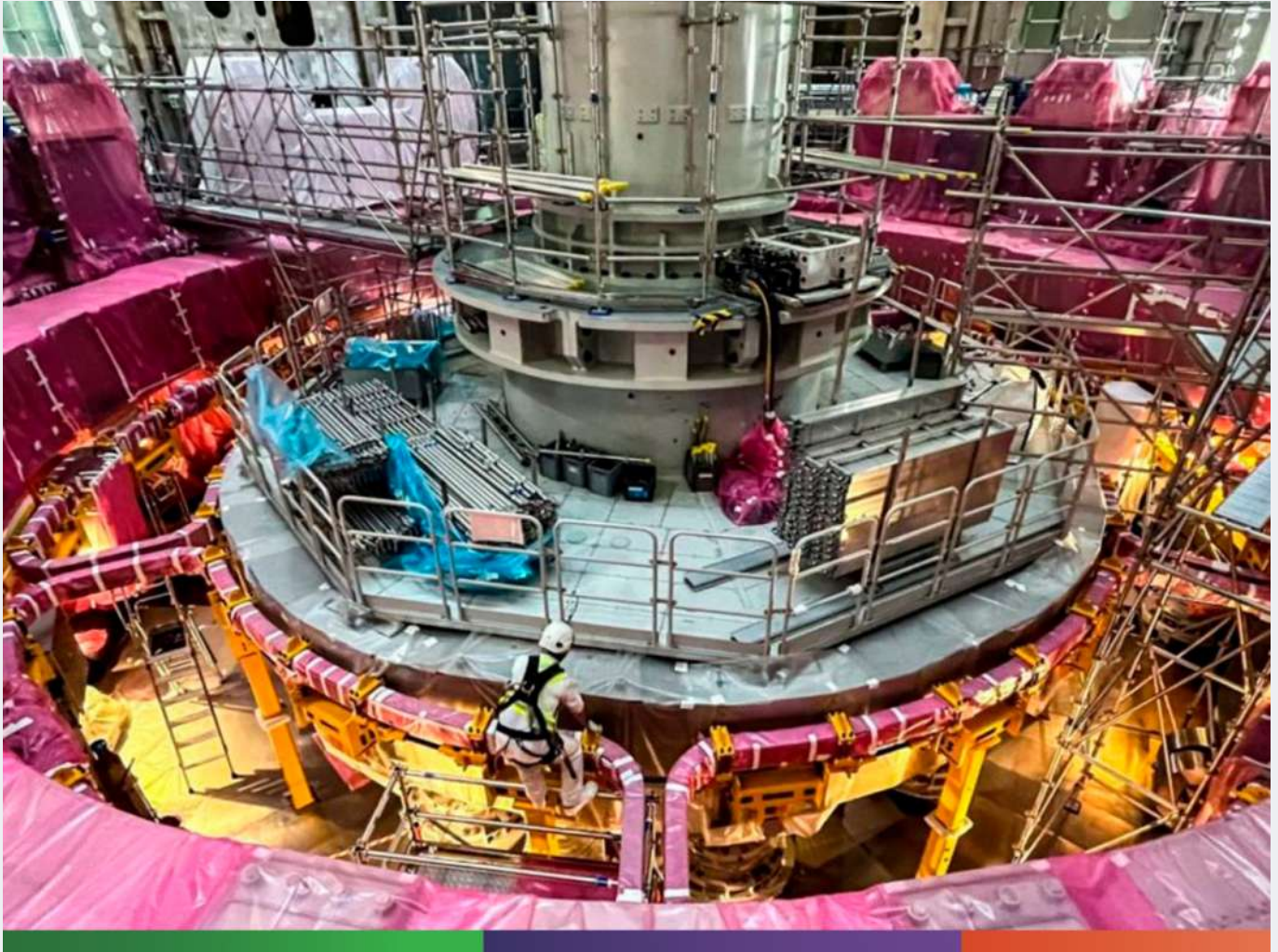


Найдено место возникновения альфвеновских волн в плазме токамака



Российские ученые впервые в мире обнаружили в сферическом токамаке — установке для удержания и нагрева плазмы — место возникновения особых плазменных волн. Открытие поможет повысить надежность перспективного оборудования для термоядерного синтеза.

Особые колебания — альфвеновские волны — возникают в плазме при наличии магнитного поля и распространяются вдоль магнитных линий. Обнаружить их можно либо в космосе, либо в установках для работы с плазмой, в том числе в токамаках. При небольшом возмущении частицы и само магнитное поле начинают колебаться совместно, как струна, по которой пробегает волна. За теоретическое описание этих колебаний шведский физик Ханнес Альфвен в 1970 году получил Нобелевскую премию по физике.

Исследователи из Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого провели эксперимент на уникальном сферическом токамаке Глобус-М2 в Физико-техническом институте имени А. Ф. Иоффе. Они нашли, где именно внутри установки возникают и существуют альфвеновские колебания, и выяснили, что различные типы этих колебаний и их гармоники могут иметь различную локализацию.

В лабораторных условиях альфвеновские колебания изучают на тороидальных (имеющих форму «бублика») установках для магнитного удержания плазмы, например, на токамаках. Такая форма позволяет удерживать горячую плазму температурой до 100 млн градусов по Цельсию внутри с помощью магнитных полей, не давая ей соприкоснуться со стенками. В токамаках создаются условия, схожие с процессами внутри Солнца, для получения энергии путем термоядерного синтеза.

Альфвеновские колебания внутри токамаков обладают двойным эффектом. С одной стороны, они способствуют переносу энергии и частиц, но с другой могут приводить к потерям тепла или появлению неустойчивостей, которые опасны выходом плазмы из магнитного поля и последующим расплавлением стенок конструкции. Поэтому изучение физических процессов внутри подобных установок является особо важным. Существующие в мире теоретические модели и компьютерные расчеты описывали, как должны вести себя эти колебания, но экспериментально проверить теорию в сложных условиях реальной тороидальной установки ранее не удавалось.

Ученые Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого впервые в мире получили сразу два важных результата при исследовании альфвеновских колебаний в плазме сферического токамака Глобус-М2 в ФТИ им. Иоффе, сообщили в пресс-службе вуза.

«Во-первых, экспериментально обнаружили, где именно внутри тороидальной установки возникают и существуют альфвеновские колебания. Измерения провели с помощью микроволновой диагностики доплеровского обратного рассеяния (ДОР), разработанной учеными Политехнического университета. Эта диагностика позволила измерить амплитуду электрического поля альфвеновских колебаний непосредственно в области их развития. Во-вторых, выяснили, что различные типы альфвеновских колебаний и их гармоники могут иметь различную локализацию», — рассказал кандидат физико-математических наук, заведующий научной лабораторией «Диагностика высокотемпературной плазмы» Физико-механического института СПбПУ Александр Яшин.

Температура плазмы внутри токамака слишком высока, поэтому применение стандартных контактных датчиков для проведения измерений ограничено.

«Метод доплеровского обратного рассеяния использует микроволновое излучение, рассеянное на неоднородностях в плазме. Это позволяет дистанционно и локально измерять ключевые параметры. Для надежности данные доплеровского обратного рассеяния сравнивали с данными магнитных зондов, которые традиционно используются для исследования динамики альфвеновских колебаний, но не могут обеспечить информацию ни об их локализации, ни о локальном значении их амплитуды. Сравнение показало, что разные методы дают согласующиеся результаты», — отметил лаборант-исследователь Научной лаборатории перспективных методов исследования плазмы сферических токамаков Физико-механического института СПбПУ Арсений Токарев.

Альфвеновские колебания приводят к большим потерям быстрых частиц в плазме. А их роль в термоядерном синтезе сложно переоценить. Во-первых, только у них достаточно энергии для сближения и взаимодействия, в результате чего происходит реакция термоядерного синтеза. Во-вторых, часть своей энергии они отдают более медленным частицам, при этом повышая температуру плазмы. Для создания эффективного и безопасного термоядерного синтеза важно минимизировать потерю частиц с большой энергией.

Так, например, согласно расчетам, создаваемый международным научным коллективом экспериментальный термоядерный реактор ITER во Франции будет выдерживать не более двух процентов потерь быстрых частиц. Альфвеновские колебания могут вызывать гораздо более значительные потери. Поэтому экспериментальные данные о локализации альфвеновских колебаний в плазме, полученные петербургскими учеными, являются ценным вкладом в развитие мировой термоядерной энергетики.

Исследования поддержаны Министерством науки и высшего образования России в рамках государственного задания в сфере науки по проекту № FSEG 2024 0005 с использованием Федерального центра коллективного пользования «Материаловедение и диагностика в передовых технологиях» ФТИ им. А. Ф. Иоффе, включающего Уникальную научную установку «Сферический токамак Глобус-М».

Источник: [REDACTED]