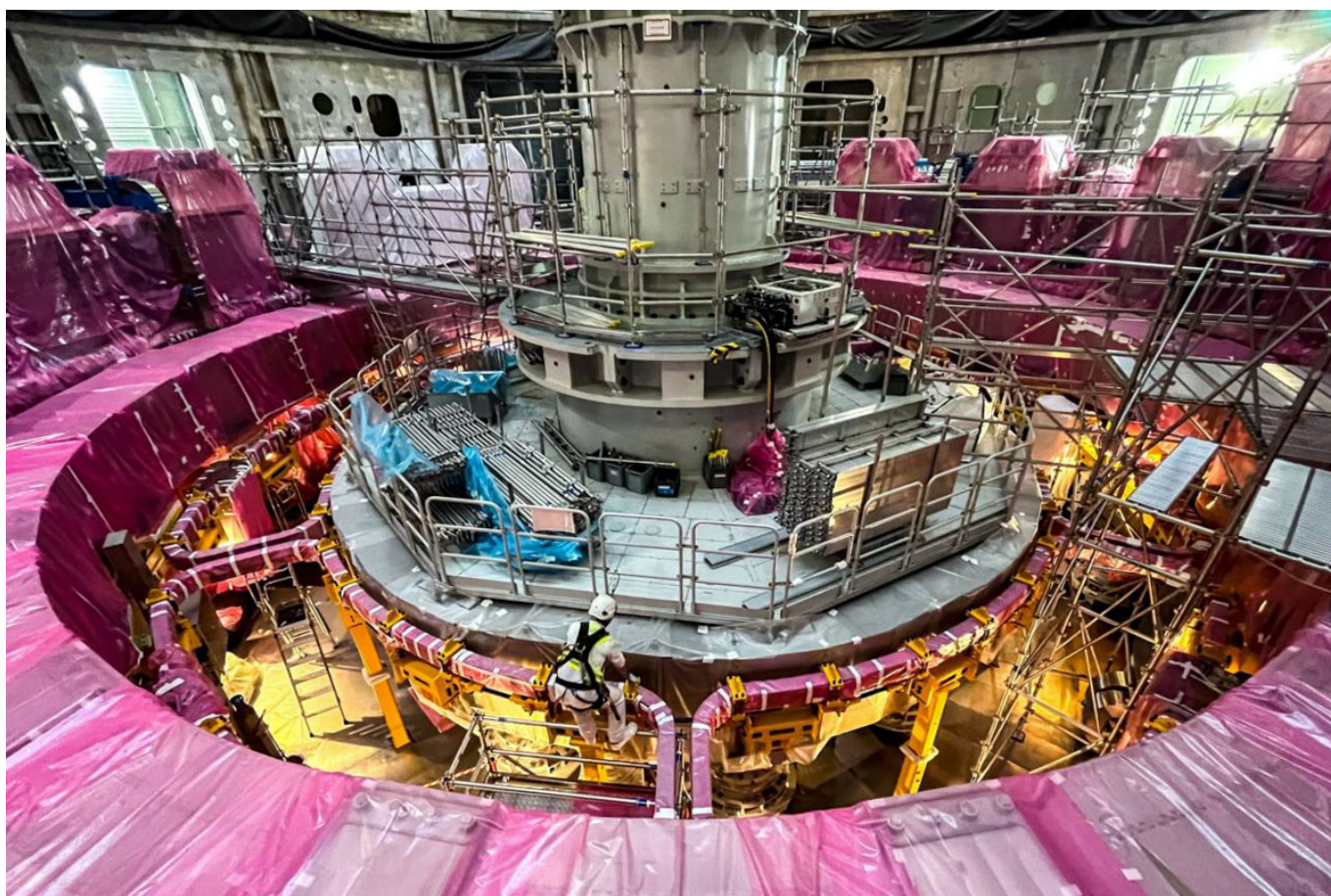


Ученые ФизМеха впервые в мире локализовали Альфвеновские колебания в плазме сферического токамака



Российским ученым впервые в мире удалось точно определить место возникновения особых волн в плазме — Альфвеновских колебаний. Открытие дает ключ к решению одной из главных проблем безопасности и эффективности управляемого термоядерного синтеза, что особенно актуально в разработке источников энергии будущего. Методику измерения разработали в Физико-механическом институте Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Эксперимент провели на уникальном сферическом токамаке Глобус-М2 в Физико-техническом институте имени А. Ф. Иоффе.

Альфвеновские колебания — это особый тип волн, возникающих в плазме (ионизированном газе) при наличии магнитного поля. При небольшом возмущении частицы и само магнитное поле начинают колебаться совместно как струна, по которой пробегает волна. Эти колебания распространяются вдоль магнитных линий и наблюдаются как в лабораторных установках, так и в космосе. За теоретическое описание этих колебаний шведский физик Ханнес Альфвен в 1970 году получил Нобелевскую премию по физике.

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 Целисию 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.

Петербургские ученые впервые в мире получили сразу два важных результата при исследовании Альфвеновских колебаний в плазме сферического токамака Глобус-М2 в ФТИ им. Иоффе.

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.

Поскольку температура плазмы внутри токамака слишком высока, 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. Арсений - студент магистратуры по направлению 03.04.02 «Физика», [магистерская программа «Физика космических и плазменных процессов»](#). В осеннем семестре ему назначена стипендия имени Бориса Павловича Константинова, [одна из пяти именных стипендий ФизМеха, выплачиваемых из дохода от управления целевым капиталом](#).

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 Российской Федерации 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».

Текст подготовлен [по материалам сайта СПбПУ](#).