

«НУЖНО СДЕЛАТЬ ТАК, ЧТОБЫ СУММАРНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ НАЦИИ СНОВА НАЧАЛ РАСТИ»

О том, какое отношение фемтосекунды имеют к сверхсильным электромагнитным полям, зачем фундаментальной науке нужна дружба с «оборонкой», почему ей лучше заниматься в регионах и какова роль РАН в повышении суммарного интеллекта нации — в интервью академика АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВА, директора Института прикладной физики РАН.



— Александр Михайлович, не могли бы вы рассказать об основных задачах, которыми вы занимаетесь?

— Я возглавляю крупный исследовательский центр — Институт прикладной физики РАН; в нем работают более 1600 человек, из них 700 ученых. Это многопрофильное учреждение. Но я сконцентрирую беседу на одной области — физике коротких или сверхкоротких лазерных импульсов и физике сверхсильных оптических полей. Эти тематика, сверхкороткие длительности и сверхсильные поля, взаимосвязаны и находятся на передних рубежах современной науки.

Представьте себе часы, в них есть секундная стрелка. С их помощью можно измерять только процессы длительностью больше 1 секунды, а меньше — например, одну миллисекунду — этими часами измерить уже нельзя, нужны более чувствительные часы. Сейчас самый маленький доступный для измерения временной масштаб в физике — 10-15 секунд, или одна фемтосекунда. Мы научились получать лазерные импульсы такой длительности, оперировать этими импульсами, использовать их для метрологии. Это очень важное событие.

Фемтосекунды и возможности их измерения связаны с изобретением лазеров. Первый лазер появился в 1960 году, и лазерная физика научилась получать и измерять импульсы с длительностями в наносекунды и пикосекунды. А в 1980-е годы, наконец, пришло время фемтосекунд. Существует целый ряд причин, почему они оказались интересными. Ими можно измерять процессы, крайне важные для понимания устройства мира. Например, один из фундаментальных процессов в основе существования материи — движение атомов в молекуле. До появления фемтосекундных лазеров для подобных наблюдений не было совершенно никаких возможностей. В 1999 году американскому ученому Ахмету Зевейлу присудили первую Нобелевскую премию за фемтосекундную науку: за то, что он с помощью соответствующей техники впервые смог увидеть, как колеблются атомы в молекуле. Интересно, что премия дана по химии, несмотря на то что он использовал новый физический инструментарий. Кстати, сейчас мы осваиваем аттосекундный (10-18 с) диапазон, и с помощью лазеров в перспективе можно будет наблюдать, как двигаются электроны в молекуле — еще более глубокий срез природы.

Следующий важный аспект: фемтосекундная оптика может существенным образом повлиять на развитие информационных технологий. Когда мы передаем информацию, самым простейшим способом является побитовая передача, последовательная передача импульсов в виде системы 1/0 (1 — сигнал пришел в определенный временной проме-

жут, 0 — не пришел). Предположим, мы хотим передать информацию путем генерации последовательности импульсов. Совершенно ясно, чем чаще расположены импульсы, тем больше бит в секунду можно передать. Но при этом мы должны располагать импульсы так, чтобы расстояние между ними было не короче самих импульсов. Интернет 100 мегабит в секунду (108 бит в секунду) считается хорошей скоростью передачи информации. Но предположим, что у нас есть импульсы длительностью 10 фемтосекунд (10-14 секунды), и для передачи информации мы располагаем их со скважностью 10, то есть на расстоянии 100 фемтосекунд друг от друга (10-13 секунды). Плотность передачи информации с помощью такой последовательности импульсов на пять порядков больше, чем мы имеем в скоростном интернете сейчас!

Есть еще один интересный аспект фемтосекундной оптики — возможность 3D-фокусировки энергии, ведь короткий во времени импульс — это маленький сгусток в пространстве (10 фемтосекунд соответствует приблизительно 3 микронам). А лазерное излучение может быть еще и сфокусировано. Мы можем сфокусировать оптическую энергию в маленькие трехмерные пространственные сгустки и заниматься детальным изучением структуры вещества, возбуждая его крошечные участки. В 2014 году была присуждена еще одна Нобелевская премия по химии, связанная с фемтосекундами. Присуждена физикам, работающим с биологическими объектами. Они изобрели методы микроскопии сверхразрешения. За счет того, что сфокусированные оптические фемтосекундные импульсы могли целевым образом возбуждать субмикронные объекты, стало возможным сделать микроскопию с пространственным разрешением на уровне нескольких нанометров, то есть на два порядка преодолеть так называемый дифракционный запрет, существующий в физике. Это впервые доказал Стефан Хелл, продемонстрировавший наблюдения деталей живых клеток со сверхразрешением.

В 2005 году Теодор Хенш и Джон Холл тоже получили Нобелевскую премию за использование фемтосекундных импульсов. Это была премия по физике за разработку очень точной метрологии, которая позволила поставить в повестку дня задачу о наблюдении дрейфа так называемых фундаментальных констант. В физике есть константы: постоянная Планка, скорость света, заряд электрона и др. — величины, которые входят в формулировки фундаментальных законов для описания мира. Вопрос о том, постоянны ли константы, является весьма парадоксальным, но никто не знает, действительно ли они неизменны во времени. Точность измерений отдельных физических величин, которую удалось получить с помощью современных фемтосекундных лазерных комплексов, фантастическая — 10-18.

Но какое отношение фемтосекунды имеют к сверхсильным электромагнитным полям? Именно с помощью фемтосекундных импульсов оказалось возможным генерировать сверхмощные импульсы и получать очень сильные электромагнитные поля. Вспомним определение мощности: это энергия, деленная на время. Если мы хотим получить большую мощность, нужно либо увеличивать энергию, либо уменьшать время. Увеличивать энергию лазерного импульса можно, но это более затратный путь: нужно накапливать энергию в большем количестве в конденсаторах, это дорого. Есть и другой путь: можно увеличить мощность, укорачивая импульс. Физики продемонстрировали беспрецедентные возможности получения гигантской мощности за счет концентрирования оптической энергии в фемтосекундных временных интервалах. Фантастические уровни! Сейчас в нескольких лабораториях мира — в том числе и у нас в институте — есть лазерные импульсы с пиковой мощностью около 1015 ватт. Энергия, содержащаяся в этих лазерных импульсах, сравнительно небольшая, речь идет примерно о 10 джоулях на импульс. Но если эту энергию сконцентрировать в течение 10 фемтосекунд, то получится 1 петавайт — в 50 раз больше, чем мощность, которая вырабатывается всеми источниками электроэнергии на Земле. Это чудовищная мощность. Никто не знает, что произойдет с веществом, если такое излучение будет на него действовать! Это интересный предмет фундаментальных исследований. Фемтосекундная оптика оказалась ключом для получения больших полей, больших мощностей.

— Предложенный вами проект лазера XCELS включен в число проектов меганауки. Расскажите, пожалуйста, о нем. Зачем вообще нужны мегапроекты?

— Источники сверхсильных полей — один из наиболее перспективных инструментов для продвижения рубежей фундаментальной физики. В 2006 году мы построили один из первых в мире петаваттных лазеров в нашем институте. И наш проект XCELS — проект строительства субэксаваттного лазера — отражает видение, как мы можем двигаться к следующему, эксаваттному (10¹⁸ Вт) уровню мощности. Сейчас максимальной уровень мощности лазерных импульсов в мире — 2-3 петаватта, самые смелые проекты рисуют 10 петаватт. Наш же проект — строительство лазера с мощностью 200 петаватт — расшифровывается как «Эксаваттный центр по исследованию экстремальных световых полей» (XCELS — EXawatt Center for Extreme Light Studies).

Нужно создать такие сильные поля, чтобы вакуум начал разрушаться. Что при этом случится, не знает никто