

# СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ: ВИДЕТЬ ПРИРОДУ НАСКВОЗЬ

ВСЕГО В ПОЛУЧАСЕ ЕЗДЫ ОТ ЦЕНТРА МОСКВЫ НАХОДИТСЯ СВЕРХМОЩНЫЙ ИСТОЧНИК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ЯРКОСТЬ КОТОРОГО В МИЛЛИОНЫ РАЗ ВЫШЕ, ЧЕМ У РЕНТГЕНОВСКОГО АППАРАТА. НИЧЕГО СВЕРХЪЕСТЕСТВЕННОГО — ЭТО ЕДИНСТВЕННЫЙ НА ПОСТСОВЕТСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ИСТОЧНИК СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КУРЧАТОВСКОГО ИНСТИТУТА.

АЛЕКСАНДР БЛАГОВ, ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК, ЛАУРЕАТ ПРЕМИИ ПРЕЗИДЕНТА РФ ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ В ОБЛАСТИ НАУКИ И ИННОВАЦИЙ ЗА 2011 ГОД, РУКОВОДИТЕЛЬ КУРЧАТОВСКОГО КОМПЛЕКСА СИНХРОТРОННО-НЕЙТРОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



БОЛЬШОЕ НАКОПИТЕЛЬНОЕ КОЛЬЦО КУРЧАТОВСКОГО СИНХРОТРОНА

ЮРИЙ МАКАРЧУК

Для получения излучения такой яркости используются пучки электронов, которые разгоняются в кольцевом ускорителе почти до скорости света, а их энергия при этом достигает 2,5 млрд электронвольт! Вокруг этого кольцевого ускорителя располагаются экспериментальные станции рентгеновской структурной диагностики. Огромная мощность ускорителя и сверхъяркость синхротронного излучения позволяют изучать любое вещество, буквально разбирая его на отдельные атомы и молекулы. Ежедневно на Курчатковском синхротроне проводятся десятки различных экспериментов. Круг научных задач очень широк: от классической кристаллографии, материаловедения и структурной химии до белковой кристаллографии, микробиологии, медицины и даже истории.

Практическое применение нового вида излучения — рентгеновских лучей — началось в медицине сразу же после его случайного открытия в 1895 году: первый снимок запястья своей супруги с облучающим кольцом на пальце сделал Вильгельм Рентген. Но как выяснилось через несколько десятилетий, с его помощью можно изучать структуру не только макро-, но и микрообъектов вплоть до расположения отдельных атомов в кристаллической решетке. Для исследований на таком уровне надо иметь очень яркое излучение, обладающее непрерывным спектром в рентгеновской области. Такие свойства есть у синхротронного излучения — особого вида электромагнитного, теоретически предсказанного еще в 1944 году советскими физиками Дмитрием Иваненко и Исааком Померанчуком.

До начала 1960-х источниками рентгеновского излучения были специальные трубки, в которых электроны, выпущенные одним электродом (анодом), ускорялись в вакууме электрическим полем до энергий в десятки тысяч электронвольт. Затем они фокусировались и тормозились в другом электроде (катоде), порождая рентгеновское излучение. Звучит впечатляюще, но оказалось не слишком выгодно, да и для дальнейшего повышения мощности рентгеновских трубок существовал ряд принципиальных ограничений. Решением стали синхротроны — большие

спектре: от рентгеновского до инфракрасного. Яркость синхротронного излучения в современных машинах превышает яркость рентгеновских трубок в  $10^{10}$ – $10^{12}$  раз. Это позволяет буквально просветить глубинные слои вещества — органической и неорганической природы.

Старт проекта первого в СССР специализированного источника синхротронного излучения в Курчатковском институте относится еще к 1978 году, его строительство началось в середине 1980-х при активном участии первой в стране лаборатории синхротронного излучения в Институте кристаллографии АН СССР, созданной Михаилом Ковальчуком. Но запустить синхротрон смогли только в 1999-м, что для многих стало знаком возвращения нашей страны в мир большой науки. И первым директором Курчатковского синхротрона стал Михаил Ковальчук.

В 2007–2009 годах здание Курчатковского синхротрона было значительно расширено и приобрело современные очертания. Площадь экспериментального зала и лабораторий теперь составляет почти 17 тыс. кв. м, вокруг большого накопительного кольца расположено почти два десятка экспериментальных станций. И эта инфраструктура постоянно расширяется — в настоящее время строится семь новых экспериментальных станций.

Центральное место отведено линейному ускорителю и двум циклическим ускорителям-накопителям — малому и большому. В линейном ускорителе пучкам электронов придается первоначальный импульс, а в малом и большом кольцевых ускорителях идет накопление необходимого количества электронов и поддержание их энергии на определенном уровне в течение 15–20 часов для проведения экспериментов. Один оборот пучка электронов

по большому накопительному кольцу составляет миллионные доли секунды. Большое накопительное кольцо выполнено в виде многогранника — имеет линейные промежутки и поворотные секции, где установлены поворотные магниты, основные источники синхротронного излучения. Кроме поворотных магнитов в прямолинейные промежутки кольца установлены специальные генераторы синхротронного излучения — так называемые вигглеры (от англ. «wiggle» — «вихлять»). Из каждого поворотного магнита и вигглера выведен специальный канал, по которому синхротронное излучение доходит до экспериментальной станции. Каждая станция — это исследовательский инструмент различного назначения. Условно можно разделить их назначение на три большие группы: дифракционные, спектроскопические и визуализирующие станции. На Курчатковском кольце сейчас находится 15 таких рентгеновских станций и 2 станции вакуумного ультрафиолета. Одновременно на них проводится более десяти экспериментов.

Все зависит от задачи: можно точно определить тип химического соединения или предсказать свойства нового вещества по его структуре. Такие работы ведутся, например, на станции «Белок», где изучают структуры белковых макромолекул.

Белки определяют ход всех процессов в живых организмах. Фактически они задают параметры функционирования на молекулярном уровне. Свойства и основные функции белка зависят от его пространственной структуры. Получив методом рентгеноструктурного анализа молекулярную или атомную структуру белка, можно изучить и понять его работу в живом организме. Это очень важно



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ «НАНОФЭС» КУРЧАТОВСКОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ИСТОЧНИКА СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

АНАТОЛИЙ ЖИЛАНОВ