

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУКА как образ жизни

Курчатовский институт во все времена задавал тон фундаментальным исследованиям как в нашей стране, так и за ее пределами. Сегодня он не только не сдает своих позиций, но и стал движущей силой многих международных проектов, воплощая в жизнь идеи и мечты Игоря Васильевича Курчатова. О прошлом, настоящем и будущем фундаментальной науки рассказывает доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН Алексей Александрович Коршенинников

Начало

Основной задачей организованной в 1943 г. Лаборатории № 2, ставшей предтечей Курчатовского центра, было создание ядерного оружия. Напомню основные вехи на этом пути: 1943 г. — создание Лаборатории № 2, через три года на ее территории был запущен реактор «Ф-1» — первый в Евразии. Работы, проводимые на этом реакторе, помогли ускорить пуск первого промышленного уран-графитового реактора по наработке плутония в военных целях. В 1949 г. на полигоне в Семипалатинске было проведено первое испытание советского ядерного заряда, который по своим принципам был похож на американский, взорванный в 1945 г. над Нагасаки. В 1951 г. были испытаны два заряда оригинальной конструкции, один из которых был урановой бомбой, другой — плутониевой. И, наконец, в 1953 г. была впервые взорвана термоядерная бомба — раньше, чем американская.

Чтобы это осуществить, требовалось решить задачи невероятной сложности, создав с нуля новую отрасль — атомную. Усилиями одной только Лаборатории № 2 сделать это было невозможно, поэтому атомный проект развивался в масштабах всего государства по следующей схеме. В Лаборатории № 2 появлялось новое перспективное направление, которое выделялось как филиал в отдельную организацию. В случае успешного развития

через какое-то время эта организация становилась самостоятельной (например, научно-исследовательским институтом, филиалом или же каким-то предприятием).

Так, например, был создан филиал в Сарове, который через некоторое время стал Конструкторским бюро № 11, превратившимся в дальнейшем в целый город — Арзамас-16, где была сосредоточена вся технологическая мощь по созданию ядерных боеприпасов. В конце 1940-х гг. Игорь Курчатов создает уже в Челябинской области так называемые предприятия «А», «Б» и «В». Предприятие «А» — это промышленный реактор для наработки оружейного плутония, предприятие «Б» занималось разделением изотопов, чтобы выделить наработанный плутоний, предприятие «В» — металлургией этого ранее не существовавшего на планете элемента. Эти три предприятия в ходе развития превратились в комбинат, который сначала, в силу секретности, назывался «817-й», а затем «Маяк».

По такой схеме происходило развитие всей атомной отрасли. Помимо решения военных задач Курчатов занимался и мирным использованием атома. В 1954 г. в Обнинске по инициативе и под руководством И.В. Курчатова была запущена первая в мире атомная электростанция, научным руководителем которой стал Дмитрий Иванович Блохинцев.

Становление

С самого начала Курчатов придавал исключительно большое значение фундаментальным исследованиям. Я начал с рассказа о запуске реактора «Ф-1», но одновременно с реактором на территории Курчатовского института (тогда Лаборатории № 2) строился циклотрон, который был предназначен именно для проведения фундаментальных исследований, для изучения ядерных реакций. После запуска в 1947 г. на циклотроне начались фундаментальные исследования. Этот циклотрон существует до сих пор, за все эти годы произошла его серьезная модернизация, и сегодня это практически новая установка, единственная на постсоветском пространстве, которая ускоряет ионы — от протонов до средних ядер.

Еще до запуска реактора «Ф-1» Курчатов принял решение о создании ускорительного центра, который был бы всецело нацелен на фундаментальные исследования. Этот центр, который из соображений секретности получил название «Гидротехническая лаборатория», начали создавать как филиал Курчатовского института вблизи поселка Большая Волга — там, где соединяются Волга и канал Москва — Волга (сегодня канал им. Москвы). Сейчас это место известно на весь мир как наукоград Дубна. Курчатов в 1946 г. принимает решение

Курчатов всегда был предан идее о том, что фундаментальные исследования самым эффективным способом можно вести в рамках международного сотрудничества

о строительстве синхроциклотрона на энергию 480 МэВ (миллионов электронвольт). Установка была запущена, и это был абсолютный мировой рекорд. Подобная установка в Соединенных Штатах в то время давала энергию в 340 МэВ. На синхроциклотроне начали вестись фундаментальные исследования, вскоре он был модернизирован, и энергия была увеличена до 680 МэВ.

После запуска в 1947 г. циклотрона в Лаборатории № 2 Курчатов принимает решение о создании циклотронов в Харькове и в Гатчине. Сегодня в Гатчине располагается институт ПИЯФ, ставший составной частью НИЦ «Курчатовский институт». В целом размах инициатив Курчатова в области фундаментальных исследований по физике ядра и элементарных частиц был колоссальным. В той же Гидротехнической лаборатории около Большой Волги начинается строительство ускорителя уже на 10 ГэВ на основе новых идей В.И. Векслера об автофазировке. Параллельно проводится несколько совещаний, и Курчатов принимает решение о строительстве ускорителя на 70 ГэВ. Этот ускоритель был построен в Протвине и работает там до сих пор. Он как раз и послужил основой создания Института физики высоких энергий, входящего в НИЦ «Курчатовский институт».

Предшественником этого ускорителя стал ускоритель на 10 ГэВ, построенный в Лаборатории № 3, которая сегодня называется Институтом теоретической и экспериментальной физики и тоже стала составной частью нашего НИЦ.

Тем временем Гидротехническая лаборатория на Большой Волге приобретает новый статус и называется теперь Институт ядерных проблем Академии наук. Постепенно вокруг этой лаборатории появляются другие. Открывший спонтанное деление ядер Георгий Николаевич Флеров, работавший на курчатовском циклотроне, заинтересовался синтезом трансурановых элементов, сверхтяжелых ядер. Курчатов поддержал идею Флерова, и тот переехал на Большую Волгу. В дальнейшем там была создана для него лаборатория ядерных реакций (сегодня она носит имя Флерова), и Курчатов отдал распоряжение о строительстве принципиально новой установки. Это циклотрон У-300, который, в отличие от предыдущих, теперь ускоряет тяжелые ионы. Параллельно на этом циклотроне происходит открытие трансурановых элементов, и Флеров со своими коллегами открывает 102-й элемент таблицы Менделеева, затем 103-й, 104-й и 105-й. Сегодня это направление плодотворно продолжает свое развитие в Дубне, и руководит им Юрий Цолакович Оганесян, ученик Флерова. Недавно дубнинцы добрались уже до 118-го элемента и до «острова стабильности».

Это еще один яркий пример развития фундаментальных исследований в стране. Внутри Лаборатории № 2 выделилась талантливая группа физиков, которую возглавил Герш Ицкович Будкер. Позже его лаборатория переместилась в Новосибирск, где строился Академгородок, и в дальнейшем выросла в нынешний Институт ядерной физики Сибирского отделения Российской академии наук — лидера в мире по созданию ускорительной техники. Именно в этом институте, носящем теперь имя Будкера, были разработаны принципы и создана концепция коллайдеров: когда сталкиваются частицы, летящие навстречу друг другу.

Интернационализация

Курчатов был предан идее о том, что фундаментальные исследования самым эффективным способом можно вести в рамках международного сотрудничества, и ему удалось убедить в этом руководство страны. В 1956 г. Курчатов приезжает в Англию, где рассказывает об атомной энергетике в Советском Союзе и о тех исследованиях, которые прежде были засекречены, — об изучении управляемого термоядерного синтеза. Он предлагает ученым всего мира объединить усилия, поскольку видит в этом направлении будущий источник дешевой и безграничной энергии для всего человечества. Сегодня мы знаем, что те первые идеи Курчатова получили развитие. В частности, совместными силами всех развитых стран, в том числе и России, сооружается термоядерный реактор *ITER* во Франции.

В 1954 г. западные страны создают вблизи Женевы европейский центр ядерных исследований — *CERN*.

Советский Союз выступает с предложением об участии в этой международной научной организации, однако политическая обстановка тогда была сложной, поэтому заявка советского правительства, прозвучавшая по инициативе Курчатова, западными странами не принимается. Но Курчатов не опускает руки, и в 1956 г. вблизи Большой Волги на основе первоначальной Гидротехнической лаборатории, выросшей в гигантский институт, создается Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ). Это международная организация, которая изначально, с момента создания, предназначалась для фундаментальных исследований по физике ядра и элементарных частиц и была открыта для участия иностранных ученых из любых стран. Понятно, что основной вес там имели страны восточного блока, но, тем не менее, самые выдающиеся западные ученые систематически приезжали в Дубну. Таким образом устанавливались научные международные контакты, которые затем укреплялись, и в конечном итоге идеи Курчатова об интернационализации и глобализации фундаментальных исследований стали побеждать. Как одну из вех на этом пути можно вспомнить создание в 1957 г. организации МАГАТЭ (Международного агентства по атомной энергии).

Сегодня

Теперь поговорим о текущем положении дел с фундаментальными исследованиями, которые ведет Курчатовский институт. Я начну с примера работ, которые наш институт ведет в CERN. Сегодня CERN привлекает к себе внимание физиков всего мира в связи с тем, что там расположен Большой адронный коллайдер (БАК), который дает самые большие энергии частиц в мире. Когда БАК выйдет на свой запланированный режим, он даст столкновение протонов с суммарной энергией 14 тераэлектронвольт. На нем ведутся также исследования столкновений ядер свинца, здесь будет достигнута энергия в 5,5 ТэВ в системе центра масс двух нуклонов из двух сталкивающихся ядер. Частицы с такими большими энергиями ускоряются в кольцевом тоннеле, который находится на глубине в среднем 100 м; периметр этого тоннеля — 27 км, и он расположен под территорией двух государств — Швейцарии и Франции.

Для того чтобы разгонять частицы до таких энергий и закручивать их в кольцевую траекторию, используются сверхпроводящие магниты, которые охлаждаются до температуры 1,7° Кельвина. Частицы ускоряются в этом кольце в двух направлениях: одни частицы летят по часовой стрелке, другие — против, причем ускоряются они сгустками, называемыми банчами, и в четырех местах эти летящие друг навстречу другу банчи сталкиваются. В этих местах расположены четыре детектора, которые представляют собой гигантского размера (с многоэтажные дома) сооружения, включающие в себя множество подсистем.

Первый супердетектор называется CMS (Compact Muon Solenoid, «компактный мюонный соленоид») и выглядит как сооружение размером с пятиэтажный дом. Он

призван обнаружить новые частицы и открыть дверь в новую физику. Первая задача, которая стояла перед CMS, — поиск бозона Хиггса, частицы, ответственной за спонтанное нарушение электрослабой симметрии, которое проявляется в том, что переносчики электромагнитного взаимодействия — фотоны — имеют нулевую массу, а переносчики слабого взаимодействия, W- и Z-бозоны, наоборот, имеют большую массу. Шотландский физик Питер Хиггс предположил, что масса у частиц появляется как динамический эффект благодаря их взаимодействию с неким особым скалярным полем. А у каждого поля есть свой переносчик, и переносчиком этого нового предполагаемого поля, о котором говорит Хиггс, должна быть гипотетическая частица, которая и называется бозоном Хиггса. Таким образом, бозон Хиггса имеет совершенно фундаментальное значение для самих основ Стандартной модели (теории, описывающей элементарные частицы и их взаимодействие), поскольку он отвечает за появление массы частиц. Как

При Большом взрыве было образовано одинаковое количество материи и антиматерии, однако сегодня Вселенная состоит из вещества, т.е. произошла аннигиляция вещества и антивещества, но почему-то вещества при этом осталось больше

было объявлено летом 2012 г., в CERN проводились эксперименты на двух установках (одна из них — CMS, другая — ATLAS), и были получены взаимосогласующиеся результаты по наблюдению частицы, которая очень похожа на бозон Хиггса.

ATLAS — это второй супердетектор, он еще больше, чем CMS. Это детектор другого типа, он использует другие принципы, но решает в точности те же самые задачи, что и CMS. Такое дублирование связано с тем, что если что-то будет открыто на Большом адронном коллайдере, то проверить этот результат будет негде, кроме как на том же коллайдере. Поэтому и происходит дублирование двух одинаковых коллабораций, которые независимо решают одни и те же задачи.

Третий супердетектор на Большом адронном коллайдере называется LHCb. LHC — это английская аббревиатура от слов «Большой адронный коллайдер» (Large Hadron Collider), а b — это b-кварк. На установке LHCb будут проводиться исследования, которые посвящены одному из самых интересных и основополагающих для нашей Вселенной вопросов: почему Вселенная существует так, как она существует, почему она состоит из вещества? При Большом взрыве было образовано одинаковое

количество материи и антиматерии, однако сегодня Вселенная состоит из вещества, т.е. произошла аннигиляция вещества и антивещества, но почему-то вещества при этом осталось больше. Качественно ответ на вопрос «Почему так происходит?» был дан академиком Сахаровым, но количественно мы до сих пор многого не понимаем, и исследования на установке *LHCb* помогут глубже разобраться с этой проблемой.

Четвертый супердетектор на Большом адронном коллайдере называется Алиса (*ALICE, A Large Ion Collider Experiment*), «большой эксперимент по столкновению ионов». Этот эксперимент нацелен на исследование свойств нового состояния вещества — кварк-глюонной материи, в виде которой Вселенная существовала в первые десятки микросекунд после Большого взрыва. Эта материя будет «сфотографирована» с помощью наших детекторов, и из спектра определена ее температура. Способ изучения кварк-глюонной материи путем регистрации прямых фотонов был предложен физиками Курчатовского института и поддержан мировой международной коллаборацией.

Экзотические ядра заставляют нас сегодня пересматривать традиционную ядерную физику, поэтому физика экзотических ядер стала магистральным направлением физики атомного ядра

В целом мы теснейшим образом участвуем в эксперименте *ALICE*, стояли у его истоков, а в три других эксперимента — *CMS, ATLAS* и *LHCb* — активно вовлечены сотрудники институтов, которые недавно примкнули к НИЦ «Курчатовский институт», — ИТЭФ, ИФВЭ, ПИЯФ. В тех работах, где объявляется об обнаружении частицы, похожей на бозон Хиггса, есть соавторы из институтов, которые сегодня все вместе составляют НИЦ «Курчатовский институт». Помимо этого, у нас есть подразделения, которые занимаются изучением экзотики — ядер с избытком нейтронов или протонов, обладающих совершенно удивительными свойствами. Экзотические ядра заставляют нас пересматривать традиционную ядерную физику, поэтому она стала сегодня магистральным направлением физики атомного ядра. Отдел релятивистской ядерной физики занимается изучением кварк-глюонной материи. К ядерной физике органически примыкает физика нейтронная, где наша роль на международной арене весьма заметна. Кроме того, есть подразделения, занимающиеся физикой нейтрино. В области атомной физики проводятся исследования природы химической связи элементов. В области радиационного материаловедения ведутся фундаментальные исследования физических механизмов

Справка



Алексей Александрович Коршенинников — доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН. Работает в Курчатовском институте с 1981 г. Заместитель директора НИЦ «Курчатовский институт» по фундаментальным исследованиям. Занимается фундаментальными исследованиями в области физики атомного ядра. Широкую известность в мировом ядерно-физическом сообществе получил благодаря исследованиям экзотических ядер вдали от линии стабильности.

радиационной стойкости материалов. Фундаментальные исследования в области физики плазмы нацелены на изучение поведения, динамики и устойчивости плазмы, на решение фундаментальных проблем гидродинамики. Значительны успехи в области физики конденсированного состояния. Таким образом, фундаментальная наука в Курчатовском институте простирается в огромном диапазоне — от фемтомира до атомной физики, далее — до физики твердого тела и астрофизики. И в каждой из этих областей наши ученые известны на весь мир и играют определяющую роль во многих направлениях исследований. ■

Подготовил Виктор Фридман