
От создания реакторов
к познанию

ВСЕЛЕННОЙ



Лаборатория № 3 АН СССР, в настоящее время — Институт теоретической и экспериментальной физики НИЦ «Курчатовский институт», была создана Постановлением Совета Народных Комиссаров СССР от 1 декабря 1945 г. История развивается по спирали, и в 2010 г. ИТЭФ вошел в состав Курчатовского института

О том, как в наши дни работают традиции, заложенные выдающимися учеными — создателями института, рассказывает **Валентин Иванович Захаров**, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ИТЭФ НИЦ «Курчатовский институт»

Развитие ядерной физики

В 1945 г. директором Лаборатории № 3 был назначен соратник И.В. Курчатова академик Абрам Исаакович Алиханов. Еще в начале 1930-х гг. А.И. Алиханов был в числе первых советских физиков, так называемых птенцов гнезда Иоффе, начавших осваивать новую проблематику — исследование атомного ядра. В 1943 г. по приглашению Игоря Васильевича Курчатова он перешел из Ленинградского физико-технического института в Лабораторию № 2, организованную под руководством Курчатова для решения задачи создания атомного оружия. В 1944 г. А.И. Алиханов был назначен начальником сектора Лаборатории № 2, где возглавил работы по созданию ядерного реактора для получения плутония.

В 1945 г. для развития исследований по ядерным реакторам и ядерной физики А.И. Алиханову поручили организовать Лабораторию № 3 при СНК СССР. В 1946 г. туда из Лаборатории № 2 перешел выдающийся физик-теоретик И.Я. Померанчук, сменивший Л.Д. Ландау на посту руководителя теоретического отдела.

В 1947 г. в Лаборатории № 3 было начато проектирование первого в СССР тяжеловодного исследовательского реактора. Для решения этой задачи в этот коллектив из Лаборатории № 2 был переведен сектор № 4, в котором под руководством М.И. Корнфельда проводились работы по получению тяжелой воды для ядерного реактора. Первый тяжеловодный реактор был введен в строй в 1949 г., и по своим физическим параметрам он не уступал лучшим зарубежным реакторам.

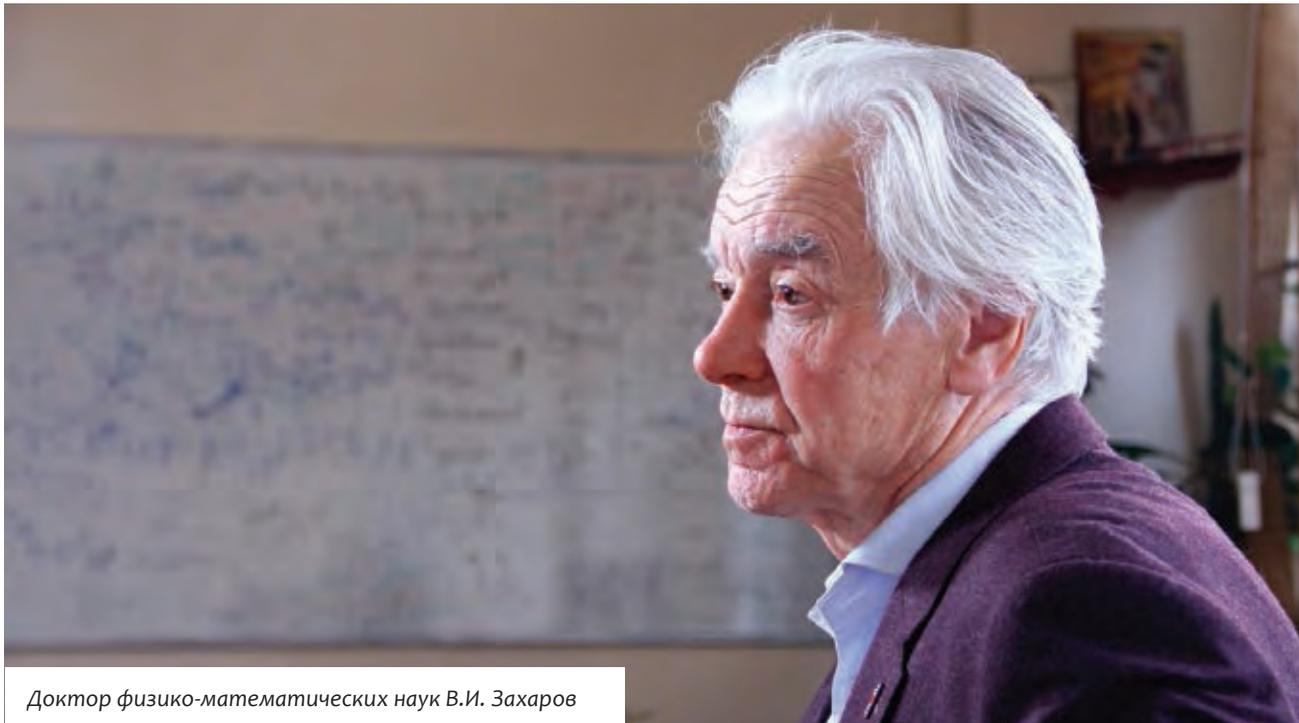
В 1948 г. в Лабораторию № 3 (впоследствии ТТЛ, ИТЭФ) перешли сотрудники Лаборатории № 2 М.Я. Кац, С.Я. Никитин, Л.Я. Суворов, Р.Л. Сердюк и другие, в 1950 г. — М.С. Козодаев, выдающийся физик, внесший большой вклад в развитие экспериментальных методов ядерной физики, заместитель директора ИТЭФ в 1957–1983 гг. Другим заместителем директора многие годы работал также известный физик В.В. Владимирский.

— **Валентин Иванович, с какой целью в Курчатовском институте была создана Лаборатория № 3 и как она стала Институтом теоретической и экспериментальной физики?**

— Возникновение института связано с атомным проектом, как и многие другие события в истории науки нашей страны того времени. Необходимость создания специальной лаборатории № 3 была связана с тем, что параллельно рассматривалось несколько возможностей создания реакторов, разные технические решения. Ведь многое не было известно заранее, все делалось «с листа» — и теория, и технология, и практика. Для разработки и реализации одного из путей реализации ядерного реактора и была создана Лаборатория № 3 АН СССР, впоследствии Теплотехническая лаборатория (ТТЛ).

Президент НИЦ «Курчатовский институт» М.В. Ковальчук совершенно справедливо подчеркивает в своих выступлениях, что атомный проект оказал революционизирующее влияние на все развитие науки и техники в СССР и дал в каком-то смысле и социокультурный толчок всему обществу.

Постепенно ИТЭФ стал одним из научно-исследовательских институтов, объединенных работой над советским атомным проектом. Потом в рамках института образовались научные школы по разным направлениям. Но еще долгое время сохранялось то единство института, которое родилось именно из того, что поначалу перед ним была поставлена конкретная глобальная задача. Кстати, название «Институт теоретической и экспериментальной физики» предложил сотрудник института член-корреспондент АН СССР В.В. Владимирский. В название включена как теоретическая, так и экспериментальная физика — две стороны,



Доктор физико-математических наук В.И. Захаров

в то время бывшие в институте равноправными. В 1955 г. состоялась знаменитая поездка ведущих советских ученых-атомщиков в Женеву на Международную конференцию по мирному использованию атомной энергии. Впервые были открыто представлены работы нашей страны в области атомной энергии, в том числе и разработки ИТЭФ.

Вскоре возникло новое направление — квантовая теория поля, которое сначала тоже рассматривалось как часть работ, связанных с национальной безопасностью страны. Но позже стало ясно, что это общее развитие фундаментальной науки, знаний о строении материи. ИТЭФ в основном стал заниматься открытой тематикой, началось широкое международное сотрудничество.

Задачи для ИТЭФ

— Чем отличались задачи, поставленные перед Лабораторией № 3 на первом этапе, от тех, что решались в Лаборатории № 2 под руководством И.В. Курчатова?

— Известно, что все крупные направления работ в то время выдвигались и утверждались лично Игорем Васильевичем. Исследовалась возможность создания реакторов разных типов: уран-графитового, водо-водяного, тяжеловодного. Перед нашей лабораторией была поставлена задача создания тяжеловодного ядерного реактора для производства делящихся ядерных материалов и проведения исследований в области космических лучей. В процессе работы над проектом вариант, над которым работал Курчатowski институт, оказался главным направлением.

(Собственно, на его основе и был создан в декабре 1946 г. первый в Евразии уран-графитовый реактор Ф-1, до сих пор работающий в Курчатовском институте, а позднее и первая советская атомная бомба, испытанная под руководством И.В. Курчатова на полигоне в Семипалатинске 29 августа 1949 г. — Примеч. ред.)

Тяжеловодные реакторы были успешно созданы и работали как промышленные реакторы на Урале, как исследовательские — в Югославии и Китае, и затем уже как энергетический реактор — на атомной станции в Чехословакии. Оговорюсь: у меня нет живой памяти о событиях тех лет.

К 70-летию нашего института в издательстве Курчатовского института вышла книга о выдающихся ученых, работавших в ИТЭФ, где содержатся воспоминания о раннем, героическом этапе развития института. Потом возникли другие задачи и направления, которые менялись в соответствии с веяниями времени. Институт на протяжении своего существования всегда был на передовом крае науки. С организационной точки зрения очень важным событием стало образование в 2010 г. единого Национального исследовательского центра «Курчатowski институт», куда ИТЭФ вошел в качестве составляющей.

— Вы упомянули о выдающихся ученых, которые работали в ИТЭФ. Какие открытия были сделаны в вашем институте?

— Ученые нашего института получали Ленинские, Сталинские, Государственные премии, многочисленные дипломы об открытиях. Человеку моего поколения сразу приходят на ум, например,

экспериментальное открытие несохранения четности при испускании гамма-квантов в результате захвата ядрами поляризованных нейтронов (Ю.Г. Абов и П.А. Крупчицкий). Подобный эффект наблюдался затем при вылете осколков в результате деления ядер при захвате поляризованных нейтронов (Г.В. Данилян, В.Н. Андреев, В.В. Владимирский с соавторами). Очень яркими были пионерские работы теоретиков старшего поколения В.Б. Берестецкого, Б.Л. Иоффе, Л.Б. Окуня, В.В. Судакова, К.А. Тер-Мартirosяна, И.С. Шапино. Ученым мирового класса несомненно был Исаак Яковлевич Померанчук; общение с ним — самое яркое событие моей профессиональной жизни. Помню, на семинаре рассказывали о недавней зарубежной конференции, и докладчик, обращаясь к присутствовавшему И.Я. Померанчуку, упомянул о лидирующей роли последнего, о многочисленных ссылок на его работы. Исаак Яковлевич покачал головой и сказал что-то вроде «Плохи дела у нашей науки, если вы правы».

Естественно, в первую очередь я вспоминаю провалы в теории. Сейчас, когда мы смотрим много лет спустя, видим не конкретные открытия — их, конечно, многие ученые помнят, — а то, что в те годы было создано актуальнейшее, новое направление в науке, физика элементарных частиц, и вклад России здесь очень велик и во многом определялся работами ИТЭФ.

Статус открытия немного подвижен, потому что каждая научная работа должна иметь существенный элемент новизны. Сейчас оценку значимости работ пытаются формализовать с помощью индекса цитирования. А я помню то время, когда говорили, что за открытия, касающиеся только теории, нужно давать такой же диплом, как за открытия, имеющие прикладное значение.

Важнейшим достижением физики элементарных частиц стало создание так называемой стандартной модели, описывающей практически все взаимодействия, которые мы знаем, на фундаментальном уровне (кроме гравитационных, на очень малых расстояниях). Это самое фундаментальное знание об окружающем мире, которое существует. Стандартная модель была создана в первой половине 1970-х гг., но до сих пор наши экспериментаторы занимаются ее проверкой, ищут явления, которые выходят за ее рамки.

После создания стандартной модели центр тяжести стал перемещаться в смежные области. Так возникло объединение физики элементарных частиц и астрофизики, космологии. Есть большое количество явлений, которые не могут не поражать воображение: расширение Вселенной, вспышки сверхновых звезд, потоки частиц самых разных энергий и типов из космоса и т.д.

На фундаментальном уровне теория этих явлений связана со стандартной моделью, конкретные же приложения требуют специальных знаний. У истоков новой области стоял академик Я.Б. Зельдович, широко известны работы С.И. Блинникова, А.Д. Долгова, В.С. Имшенника, выполненные в нашем институте.

Стандартная модель и черные дыры — Какие еще фундаментальные исследования сейчас ведутся в ИТЭФ НИЦ «КЦ»?

— После того как была создана стандартная модель, наука разветвилась. Возникло несколько направлений, восходящих, часто очень опосредованно, к некоторой глобальной задаче или к парадоксу. Есть парадокс потери информации в черной дыре. С одной стороны, согласно квантовой механике, информация не может теряться. Это как бы современная формулировка принципа сохранения материи. С другой стороны, если частица попадает в черную дыру, непонятно, как извлечь несомую ей информацию. Это противоречие между фунда-

Компании типа *Google*, работающие с компьютерами, нуждаются в энергии огромной мощности

ментальными науками о гравитации и квантовой механикой. Парадокс сформулирован уже около 30 лет назад, но ученые до сих пор бьются над этой проблемой, которая дробится на множество частных вопросов, в основном математического толка. Развиваются новые математические дисциплины, в частности теория струн.

Другая глобальная проблема формулируется как стремительный рост количества энергии, необходимой для функционирования все более совершенных компьютеров. Любая компания, работающая с компьютерами, типа *Google*, нуждается в энергии огромной мощности. Возникла задача создавать компьютеры с минимальной затратой энергии. С одной стороны, это практическая задача, с другой — она требует фундаментальных исследований. Решение, видимо, состоит в создании квантовых компьютеров, позволяющих принципиальным образом сократить необходимый объем вычислений. Для создания устойчивых к ошибкам и флуктуациям компьютеров необходимо развитие топологических методов квантовой механики. Возникает необходимость исследования квантовой механики ансамбля многих частиц на новом



ИТЭФ им. А.И. Алиханова занимает часть усадьбы «Черемушки-Знаменское». Господский дом построен С.А. Меншиковым (внуком петровского сподвижника) в конце XVIII в. по проекту В.-К.Х. Вильстера. В интервале с 1909 по 1914 г. Н.В. Якупчиков (с привлечением архитектора И.В. Жолтовского) капитально отремонтировал здание.

Во второй половине XX в. здесь работали или бывали известные физики: А.П. Александров, А.И. Алиханов, Ф. Жолио-Кюри, Я.Б. Зельдович, Б.Л. Иоффе, Л.Д. Ландау, Л.Б. Окунь, И.Я. Померанчук, И.Е. Тамм и многие другие.

уровне. Далее, существует гипотеза, что в системе многих частиц возникают новые квантовые закономерности, понимание которых необходимо для понимания возникновения жизни. Возникают контуры нового синтеза наук, включающего биологию.

Не так давно была открыта так называемая кварк-глюонная плазма. Это открытие принципиально изменило подход ко многим дисциплинам и проблемам.

Что касается экспериментов, они в основном связаны с международными мегапроектами. Прежде всего, это Большой адронный коллайдер в *CERN* — гигантская установка, на которой работают тысячи людей из многих стран мира. В том числе очень существенен вклад российских ученых. НИЦ «Курчатовский институт» и ИТЭФ как его составная часть — единственные в России, кто участвует в исследованиях на всех четырех детекторах Большого адронного коллайдера: *ATLAS*, *CMS*, *LHCb*, *ALICE*. Наши сотрудники принимают участие в 22 международных проектах — это и низкие энергии, которые изучаются во Франции в подземной лаборатории; это и проект *ECHO-200* — изучение двойного бета-распада, и многие другие.

— Ваш институт ассоциируется исключительно с фундаментальной наукой. Но вы сказали, что есть и прикладные направления?

— Пожалуй, самое яркое направление — протонно-лучевая терапия: практическое использование

протонных пучков для лечения онкологических заболеваний человека. Разработки начались еще при жизни академика И.Я. Померанчука. В трагический период своей жизни, когда у него обнаружили онкологическое заболевание, он, проходя лечение, задумался, почему облучение проводят именно гамма-квантами. Он организовал семинары, чтобы в этом разобраться, и предложил новое направление в ядерной медицине, которое сейчас успешно развивается в Курчатовском институте.

Другое направление — прикладные работы, ориентированные на материаловедение, — связано с космической отраслью, а также с ядерной энергетикой. Когда работает ускоритель, ускоряются тяжелые ионы, пучками которых облучают материалы, и это имитирует условия, которые есть в космосе, а также имитируют воздействие нейтронов на конструкционные материалы в ядерных реакторах, но с гораздо более быстрым эффектом. За неделю облучения достигается

эффект воздействия нейтронов на перспективные реакторные материалы, сравнимый с годами эксплуатации реактора. Благодаря этим исследованиям можно понять, что происходит с материалами в реакторе или с электронной аппаратурой космических аппаратов в результате облучения. То есть наш институт продолжает быть многовекторным.

Большой взрыв научной мысли

— Когда я искала информацию о вашем институте, увидела броский заголовок: «В ИТЭФ найдены ключи к тайнам Вселенной». Действительно найдены?

— Видимо, речь идет об открытии нового состояния материи, кварк-глюонной плазмы, и о понимании космологической истории Вселенной. Тогда это не такое уж преувеличение, только точнее будет сказать: «физики нашли». Действительно, в столкновениях тяжелых ионов на ускорителях в Брукхейвенской национальной лаборатории США и в *CERN* наблюдали образование кварк-глюонной плазмы. Это, быть может, самое крупное открытие в нашей области за последнее десятилетие. Более того, можно быть более или менее уверенным, что Вселенная через какое-то время после Большого взрыва была в таком состоянии, которое называют кварк-глюонной плазмой. Речь идет о временах порядка одной миллионной части от одной миллионной части секунды после

образования Вселенной. Состояние материи в эти бесконечно далекие от нас времена было воспроизведено в лаборатории — конечно, в очень малых объемах. Были воссозданы условия, которые существовали какие-то мгновения после создания Вселенной. Это впечатляет, и это научно.

— В каком направлении будет дальше двигаться мысль ученых?

— Куда дальше приведут открытия последних лет — отдельный вопрос. Но уже сейчас видно, что перестраивается система дисциплин. Я имею в виду, например, теоретический минимум, который у нас сдают студенты. Программа этих экзаменов изменилась, у меня сейчас лежат учебники, которые кардинально отличаются от тех, по которым я принимал экзамены до открытия кварк-глюонной плазмы.

Что касается направления развития, то это интерес к теории сплошных сред. Ведь как развивалась фундаментальная наука? Сначала открыли существование в природе атомов различного сорта (что зафиксировано в таблице Менделеева), потом обнаружилось, что ядра атомов состоят из протонов и нейтронов, потом — что протоны и нейтроны состоят из кварков, — этому уже чуть ли не в средней школе учат. То есть искали мельчайшие кирпичики, из которых состоит материя. А сейчас (я отчасти упомянул об этом в связи с квантовыми компьютерами) больше интересуются биологией, так что, возможно, центр тяжести исследованной смещается. Действительно, плазма — это уже сплошная среда. Не маленький кусочек, а свойство целого ансамбля, системы частиц.

— А лично вашу мысль двигает физика или человеческое любопытство?

— В моем представлении профессионализм теоретика состоит в том, что вы должны задать себе самый сложный вопрос, на который можете ответить. Для меня движение диктуется не просто любопытством, а профессиональными вещами. Например, профессор Мартинус Вельтман, с которым я тесно работал, ставший впоследствии нобелевским лауреатом, рассказывал, как он в какой-то момент решил, что не будет заниматься ничем, кроме поиска ответа на один казавшийся ему центральным вопрос. Как и многие другие, я знал о существовании этой проблемы, но не стал ею заниматься, потому что боялся, что не смогу решить задачу. А он не побоялся поверить — без гарантии успеха, только следуя своей интуиции, — что решение близко, и нашел его. И получил Нобелевскую премию! А я за это время мог задать себе сотню легких вопросов, написать сотню простых работ, но ни одной премии не получил. Думаю, ученые задают себе вопросы, исходя из профессиональных критериев. Это не исключает, конечно, того, что человек может выбрать сферу деятельности, руководствуясь другими соображениями.

— Президент Курчатовского института М.В. Ковальчук говорит о конвергенции наук — этапе в развитии науки, когда разные дисциплины должны объединиться и дать принципиально новую картину мира. Что вы об этом думаете?

— Да, сейчас мы живем в то время, когда создается новый синтез наук. Потом, вероятно, опять настанет время, когда произойдет новое углубление в каждую из них. Но в данный момент это действительно синтез. Я полностью согласен с тем, что сейчас происходят перераспределение ролей разных дисциплин и их конвергенция. Для меня как теоретика — и в пределах моего кругозора — на первый план выходит релятивистская квантовая механика большого числа частиц на новом уровне с приложениями к задачам физики элементарных частиц, твердого тела, биологии. Сейчас это мировая тенденция, которая очень рано была осознана в Курчатовском институте.

Насколько будет успешен конкретный проект, та или иная попытка ответить на вызовы времени, мне кажется, будет зависеть в первую очередь от творческого потенциала участников проекта. Конечно, потенциал института или научного центра не равен простой сумме возможностей его сотрудников. Опыт ИТЭФ НИЦ «КИ» как раз демонстрирует, насколько важна роль научного коллектива, одушевленность идеей решения крупной научной задачи; сколь необходимо наличие научных школ, традиций, да и просто чистоты человеческих отношений. Несомненно, наш институт — это не только явление науки, но и часть культурного наследия России. И я очень надеюсь, что это наследие будет развиваться. ■

Беседовала Ольга Беленицкая

Редакция журнала «В мире науки» благодарит Александра Михайловича Козодаева за предоставленные фотографии и комментарии

СПРАВКА

Валентин Иванович Захаров

- Известный физик-теоретик, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ИТЭФ НИЦ «Курчатовский институт».
- Автор ряда теорем и утверждений в области теории элементарных частиц, носящих его имя.
- Имеет один из самых высоких индексов цитируемости.
- Около 20 лет работал в США, Германии, Италии.
- Лауреат Премии Сакураи Американского физического общества и Премии им. И.Я. Померанчука.
- В последние годы занимается теорией нового состояния вещества — кварк-глюонной плазмы.