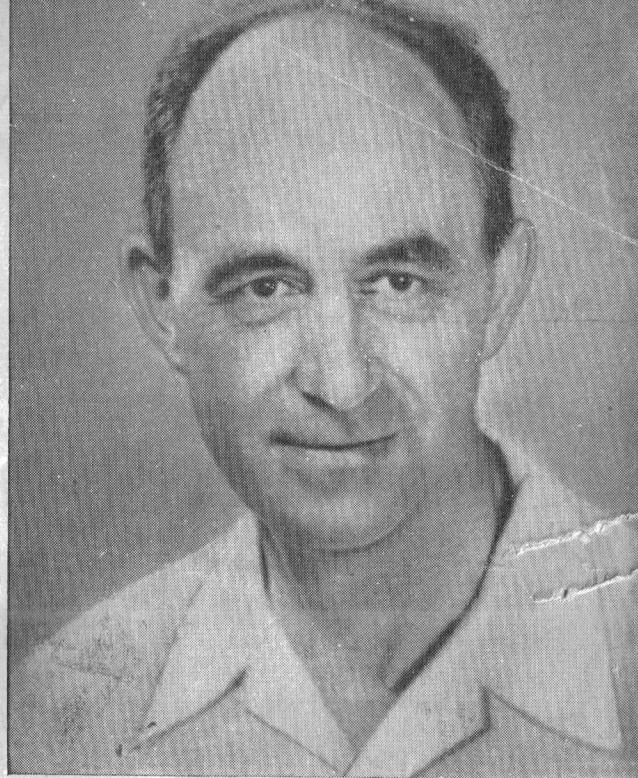
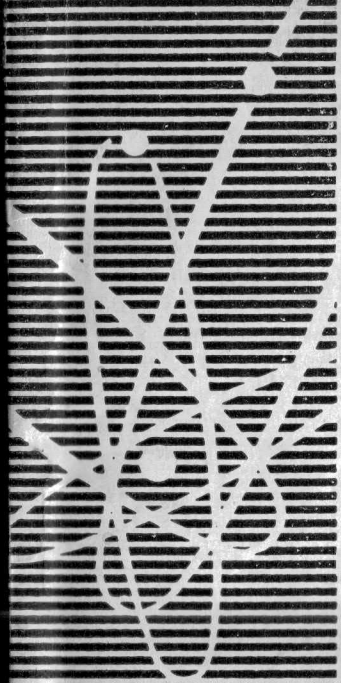


Цена 53 коп.



П. ЛЯТИЛЬ

Энрико ФЕРМИ

АТОМИЗДАТ · 1965

П. ЛЯТИЛЬ

Энрико ФЕРМИ

Сокращенный перевод с французского
Н. Е. Горфинкель и А. Н. Соколова



АТОМИЗДАТ МОСКВА 1965

Enrico Fermi
ou
le Christophe Colomb de l'atome

par
Pierre de Latil

1963 Editions Seghers, Paris

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

В историю развития атомной науки немало страниц вписано известным итальянским ученым-физиком, лауреатом Нобелевской премии Энрико Ферми. Его имя связано с изучением многих проблем теоретической и экспериментальной физики, в которой Ферми сделал немало открытий и создал ряд теорий различных физических явлений.

Обладая большими способностями и талантом, удачно сочетая в себе физика-теоретика, прекрасного экспериментатора и инженера, Ферми не останавливался на полпути в решении физических проблем. Увлеченность наукой, требовательность и принципиальность в раскрытии научных истин были присущи его характеру. Именно благодаря этим качествам он стал впоследствии руководителем итальянской школы физиков, в организации которой принимал непосредственное и активное участие. Школа объединила лучших физиков Италии, таких, как Амальди, Разетти, Понтекорво и др., и завоевала себе прочное место в мировой науке. Заслуги школы неотделимы от имени Ферми.

Совсем молодой (двадцати четырех лет) Ферми делает в 1925 году фундаментальный вклад в развитие теоретической физики. Им была разработана статистическая механика частиц, подчиняющаяся принципу Паули, — так называемая статистика Ферми — Дирака, которая нашла широкое применение при объяснении важнейших свойств металлов (электропроводности, теплопроводности, оптических и др.).

В 1934 году Ферми создал количественную теорию бета-распада, основанную на предположении физика Паули, что бета-частицы испускаются одновременно с нейтронами. Эта теория явилась прототипом современных теорий о взаимодействии элементарных частиц.

В период с 1934 по 1938 год Ферми и его школой были сделаны крупные экспериментальные и теоретические разработки в области нейтронной физики. Ферми впервые наблюдал искусственную радиоактивность элементов, в том числе и урана, вызванную нейтронной бомбардировкой. Тогда же им было открыто явление замедления нейтронов и создана полная теория данного процесса. Этот комплекс исследований стал в дальнейшем основой при разрешении проблемы высвобождения энергии атома.

В 1938 году за фундаментальные открытия в области теоретической и экспериментальной физики Ферми присуждают Нобелевскую премию, что совпало еще с одним важным событием в жизни ученого. Господствующий в Италии фашистский строй с его расистскими законами и порядками заставил Ферми покинуть свою страну. В следующем году Ферми вместе со своей семьей эмигрировал из Италии в Америку, выразив этим свое непримиримое отношение к фашизму.

В 1942 году Ферми с группой сотрудников Чикагского университета впервые осуществил в созданном им урановом реакторе цепную реакцию, показав возможность практического использования ядерной энергии.

В то время в мире происходили события, мимо которых не мог пройти ни один здравомыслящий человек: шла вторая мировая война, развязанная фашистской Германией. Ученые-физики многих стран очутились в Америке, бежав от фашистского режима. Ненависть к фашизму заставила объединиться многонациональный состав ученых с единой целью — любыми средствами бороться против фашизма. Предложив правительству США свои услуги в деле создания атомной бомбы, они тем самым бросили свой вызов фашизму. Среди этих ученых был и Ферми. С 1942 по 1945 год Ферми вместе с другими учеными непосредственно работал в Лос-Аламосе, создавая атомную бомбу. Результат работы Лос-Аламосской лаборатории — два ядерных взрыва над японскими городами Хиросима и Нагасаки. Была ли необходимость в этих взрывах? Нет, ее не было. Германский фашизм был уничтожен, а вопрос завершения войны с Японией уже практически решился. Ошибка Ферми состояла в том, что он не понимал, какую опасность представляет ядерное оружие в руках империалистов, кото-

рые, овладев этим смертоносным оружием, сразу же сделали его в своих руках главным козырем в проведении политики холодной войны и политики с позиции силы в отношении других государств в целях их закабаления и порабощения.

В последние годы своей жизни (1946—1954) Ферми занимался в Чикагском университете исследованиями в области физики высоких энергий, изучением космических лучей. Результатом этой работы явилось создание статистической теории множественного образования мезонов в соударении двух нуклонов, теории происхождения космических лучей и др.

Пьер Лягиль известен как писатель биографического и научно-популярного жанра. Предлагаемая советскому читателю его книга «Энрико Ферми» посвящена жизни и научному творчеству этого известного итальянского ученого-физика. Автор рассказал о Ферми как о крупном ученом, беззаветном труженике науки. Наиболее полно жизнь Ферми, его работа обрисованы до 1946 года. Период жизни с 1946 по 1954 год показан очень скупо и в общих чертах. Описывая жизнь Ферми, автор заимствовал основные сведения из биографической повести жены ученого Лауры Ферми «Атомы у нас дома».

Образ Ферми как ученого автор нарисовал на фоне общего развития атомной физики. Наиболее подробно Лягиль останавливается на тех разделах физики, в изучении которых Ферми принимал участие и в которых им были достигнуты большие успехи. Все эти вопросы изложены в популярной и доступной для широкого круга читателей форме. Однако следует отметить, что автор не всегда объективен в оценке роли и заслуг Ферми. Проявляя в этом отношении тенденциозность, Лягиль отдает предпочтение Ферми в изучении некоторых разделов атомной науки, забывая других ученых. Незаслуженно в книге не упомянуты имена советских ученых-физиков, которые, как известно, своими исследованиями внесли немалый вклад в дело развития физической науки.

Несмотря на отмеченные недостатки, книга в целом интересна по своему содержанию, проста по форме изложения материала. Рассчитанная на широкий круг читателей, она будет с интересом прочитана ими.

Л. ПОЛЯКОВ

ХРИСТОФОР КОЛУМБ АТОМНОЙ ЭПОХИ

Если попытаться провести параллель между историей человечества и историей техники, то легко обнаружить, что сама судьба как бы предназначила отдельных лиц для свершения великих дел: эти люди рождались как раз в нужный момент, чтобы стать свидетелями определенной эволюции вещей, и они обладали как раз теми необходимыми данными, быть может, даже добродетелями, которые были нужны для превращения медленной эволюции в революцию. Вот почему нам, потомкам, эти люди кажутся олицетворением одного из переворотов в науке и технике.

Именно такое сочетание благоприятных обстоятельств предопределило судьбу великого итальянского физика Энрико Ферми: начало его научной деятельности совпало с расцветом познаний об атоме. Ферми не пришлось, как более старшим по возрасту исследователям, прилагать значительные усилия для восприятия теории относительности Эйнштейна или экспериментов Резерфорда — он шел в ногу со временем, поступив в университет именно тогда, когда в высших учебных заведениях стали изучать и теорию Эйнштейна, и эксперименты Резерфорда. Благодаря этому он сумел сделать следующий решительный шаг — перейти к практическому использованию теоретических открытий. Но для того, чтобы именно он, Ферми, сделал этот шаг, ему надо было обладать широким и острым умом — необходимым условием свершения великих открытий.

Вот почему Энрико Ферми, занявшийся исследованиями атома как раз в нужный момент и обладавший всеми необходимыми данными теоретика и эксперимен-

татора, стал человеком, чье имя неразрывно связано с завоеванием атомной энергии.

Сейчас утверждение, что ушло в безвозвратное прошлое время, когда ум одного ученого мог одновременно охватить широкие отрасли познаний, звучит довольно банально. Ученые становятся теперь специалистами во все более и более узких отраслях знаний.

Однако физик, о котором пойдет речь в нашей книге, участвовал на всех стадиях завоевания атомной энергии, он сыграл важную и даже решающую роль на отдельных его этапах.

Энрико Ферми был первым человеком, который бомбардировал нейтронами атомные ядра и придал им, таким образом, свойство искусственной радиоактивности*.

Он же первым, систематически исследуя поведение всех элементов периодической системы под воздействием бомбардировки нейтронами, высказал предположение, что самый тяжелый из естественных элементов — уран — сыграет исключительно большую роль в жизни человека, а также что уран, возможно, не последний элемент периодической таблицы и могут быть открыты новые элементы с еще большим атомным весом.

И он же первым, бомбардируя уран нейтронами, осуществил ту реакцию, которая в ближайшие десятилетия станет основным источником энергии, первым наблюдал явления совершенно нового порядка, выходящие за рамки обычного понимания.

И он же был первым, кто показал необходимость «замедлителей». Ставшие вполне привычными для современных ученых-атомников, эти вещества первоначально казались вызовом здравому смыслу. Парадоксально, но факт: уменьшая скорость движения нейтронов, они тем самым увеличивают способность элементарных частиц проникать в ядерные крепости.

Здесь тесно переплетаются и экспериментальная работа, и теоретические исследования, необходимые для осмысления результатов поставленных опытов.

* Здесь Пьер Лягиль неточен: свойство искусственной радиоактивности было открыто великими французскими учеными Фредериком и Ирен Жолио-Кюри, удостоенными за это Нобелевской премии. Ферми же, повторив опыты супругов Жолио-Кюри, первым применил для создания искусственных радиоактивных изотопов именно нейтроны. — Прим. перев.

Но соседствовавшие в одном человеке физик-практик и физик-теоретик вскоре были вынуждены потесниться и дать место еще инженеру. Ибо, факт сам по себе неслыханный, Энрико Ферми, теоретик-первооткрыватель, сам разработал первое практическое применение тех энергетических процессов, которые были им открыты, построив первый в мире атомный реактор.

Это произошло в Соединенных Штатах Америки в тяжелый 1942 год; внутриядерная энергия была высвобождена, но в конкретных исторических условиях того времени она прежде всего послужила военным целям, потому что именно успех первого атомного реактора, победно продемонстрированный Ферми, убедил президента Рузвельта предоставить в распоряжение физиков колоссальные материальные средства, с помощью которых они должны были попытаться создать ядерную бомбу. Однако человек, который высвободил силы, содержащиеся внутри атомных ядер, был итальянцем — подданным враждебной державы. Поэтому сам Ферми принимал только косвенное участие в чисто военных исследованиях. Но и находясь в основном за кулисами, он все же оставался самой ослепительной звездой в созвездии ученых, собранных в Лос-Аламосе.

Физик, открывший средство извлекать энергию из ядер некоторых атомов, и инженер, доказавший возможность использования этого процесса в установке, которая по своим основным характеристикам явилась прототипом всех могучих атомных реакторов сегодняшнего и завтрашнего дня, Энрико Ферми стал человеком, олицетворяющим не просто завоевание атомной энергии в целом, а то, что получило в дальнейшем название «мирного использования» ядерной энергии.

Совершенно произвольно многосторонность ума этого человека заставляет вспомнить гигантов эпохи Возрождения, многие из которых, как и Ферми, были итальянцами... И не случайно в тех исторических условиях (а на необходимости учитывать их особенности мы настаиваем) Энрико Ферми сравнивали с неким «итальянским навигатором», который тоже открыл новый мир по ту сторону безбрежного океана...

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ТАК РАЗГАДЫВАЛИ ТАЙНЫ АТОМА

Уж так устроен человеческий мозг, что идеи, воспринятые в юности, когда человек более всего способен поддаваться внешнему влиянию, накладывают отпечаток на всю его жизнь. И если развитие науки или философии принуждает отказываться от чего-то ранее познанного, то для этого требуется значительное усилие. Вот почему самый большой вклад в развитие науки делают новые поколения молодых исследователей, которым не требуется выкорчевывать из своего подсознания устаревшие понятия.

Этот закон последовательного развития человеческих знаний особенно подтверждается в наш век, когда одна революция в познании быстро сменяет другую. Когда наука развивается с такой быстротой, лишь те люди, которые являются ровесниками последних достижений, оказываются в состоянии совершить новый скачок вперед.

Именно так открыли атом, вернее, доказали его существование, предполагавшееся уже в гипотезах древних. Но для того, чтобы двигаться вперед, чтобы вырвать у атома его самые сокровенные секреты, требовались новые люди — люди, вскормленные «атомным молоком» именно в годы своего умственного созревания.

Вот почему, чтобы полностью понять личность какого-нибудь ученого и его роль в истории науки, необходимо ответить на вопрос: какие научные идеи господствовали в то время, когда формировался ум этого ученого? Когда дело касается поэта или писателя, наибольшую важность представляет исследование его впечатлений и чувств в ту пору, когда его восприятие внешнего мира только формировалось, иначе говоря, в пору детства. Иное дело при анализе жизни ученого: тут важ-

нее всего рассмотреть научные идеи, господствовавшие в период формирования его ума. Следовательно, необходимо изучить годы его отрочества.

Так каковы же были ключевые идеи, которые сильнее всего сказались на научном формировании Энрико Ферми, родившегося в 1901 году в семье мелкого итальянского чиновника?

Во время пробуждения первой научной любознательности этого человека, появившегося на свет вместе с нашим веком, открытие радиоактивности уже было признано всеми как одно из важнейших достижений. Ни одно из проявлений радиоактивности тогда не составляло тайны, но еще не приобрело того зловещего оттенка, какой увидят в нем поколения, вступившие в науку после атомной бомбы. И Резерфорд уже успел к 1914 году наметить свою теорию строения атома.

Таким образом, подросток, который к концу первой мировой войны начинал интересоваться научными открытиями своего времени, сталкивался прежде всего с недавно открытым, но уже утвердившимся явлением, новизна которого все еще восхищала молодые умы: с реальностью атома — невидимой пылинки вещества, при делении которой вещество уже перестает быть данным веществом (железо — больше не железо, кислород — больше не кислород). Только что открылась первая страница совершенно новой главы физики. Всякий исследователь понимал, что эта глава возвещает славное будущее...

Но постараемся вкратце напомнить, с каким багажом знаний и идей приступал человеческий ум к исследованию атома в те времена, когда молодой Энрико Ферми должен был начать учебу в университете.

Химия требовала атом...

Атомная гипотеза Демокрита — явление не случайное: среди философов древней Греции разнообразие теорий было настолько велико, что теория, провозглашающая неделимость материи за известными пределами — а ведь эта идея так прекрасно удовлетворяет человеческий ум, — не могла не быть выдвинута тем или иным мыслителем.

Совсем иной смысл приобрела «атомная теория», разработанная в XIX веке благодаря открытиям Лавуазье и его последователей — открытиям, сделанным в конце XVIII века.

«Закон определенных пропорций» утверждал, что различные химические элементы вступают во взаимосвязь в пропорциях, всегда кратных целым числам. Например, чтобы получить воду, необходимо взять водорода по весу в восемь раз меньше, чем кислорода. Чтобы получить сернистый газ, следует взять равные по весу количества кислорода и серы. Но если из этого же количества серы задумали получить сероводород, тогда нужно, чтобы количество водорода было меньше по весу ровно в шестнадцать раз.

Подобную пропорциональность в химических соединениях можно объяснить, только если представить себе элементы в виде частиц строительного материала: все химические элементы состоят из мельчайших неделимых частиц, которые в разных сочетаниях дают различные вещества, сохраняя в то же время свойственные им качества, в частности относительный вес.

И эти относительные веса (произвольно сопоставленные с весом кислорода, которому приписана условная величина 16) были названы «атомными весами» еще тогда, когда не только сам атом оставался всего лишь гипотезой, но не было даже надежды на возможность выделить отдельный атом, наблюдать за ним, поскольку уже сама гипотеза о существовании атома заключала в себе предположение о его неделимости, причем все атомы одного элемента должны были быть похожими друг на друга.

Действительно, никогда и нигде не удавалось отметить ни малейшего проявления этого столь таинственного, но необходимого для ученых атома: он переходил из одного химического соединения в другое, из одного физического состояния в другое, от слабых связей газобразного вещества к жестким связям твердого тела, от незначительных колебаний в условиях холода до бурных колебаний в условиях жары, но, что бы с ним ни случалось, атом оставался неделимым. Так можно ли было надеяться, что настанет день, когда удастся подметить поведение именно данного, а не какого-либо другого атома?

Но вот наступило воскресенье 1 марта 1896 года. Профессор физики парижского Музея естественной истории Анри Беккерель, подчиняясь инстинкту физика, ведущего свои опыты во всех направлениях, проявил фотографическую пластинку, которая, будучи завернута в темную бумагу, несколько дней пролежала в соседстве с урановой солью. В ванночке с проявителем атом впервые показал себя человеку: на фотографической пластинке вырисовались очертания куска урановой соли. Значит, эта соль испускала излучение, которое, несмотря на наличие экрана из черной бумаги, воздействует на серебряную эмульсию фотографической пластинки так же, как и свет.

Беккерель сразу же усиленно занялся исследованием таинственного излучения. В результате он смог установить, что излучение это тесным образом связано с ураном: вне зависимости от того, в какие химические соединения вступает уран, все образующиеся вещества продолжают испускать излучение, и сила этого излучения строго пропорциональна количеству урана в данном веществе.

Но вот загадка: излучение урана, делающее воздух электропроводным и воздействующее на эмульсию фотографических пластинок, не поддается никаким изменениям, как бы мы не воздействовали на сам уран...

...и физика дает его

До этого времени все явления, с которыми сталкивались физики и химики, находились в тесной взаимосвязи с различными факторами: температурой, давлением, наличием магнитного или электрического поля. И вдруг самое сильное воздействие не могло повлиять на излучение урана. Вне зависимости от того физического состояния, в котором находился уран или любое из его химических соединений — был ли он жидким, твердым или газообразным, был ли он охлажден до -200°C или нагрет до $+2000^{\circ}\text{C}$, находился ли в магнитном поле или нет, — излучение сохранялось, строго равное тому излучению, которое и в нормальных условиях испускалось данным количеством урана.

Таким образом, ученые столкнулись с явлением совершенно нового порядка: излучение было свойственно

именно урану*, оно исходило из самой сокровенной части этого элемента, настолько скрытой от них, что воздействовать на нее они не могли. Короче говоря, это излучение могло исходить только из атомов урана. Наконец-то человечество получило наглядное подтверждение деятельности тех атомов, существование которых доказывалось ранее лишь логическими рассуждениями.

Убедиться в этом можно было еще и благодаря одному новому аспекту явления — его прерывности. До того времени все явления, казалось, носили непрерывный характер. Безусловно, находились и прежде светлые умы, которые предполагали, например, что давление газа представляет сумму огромного числа ударов отдельных молекул газа о стенки сосуда: число их так велико, что мы не можем различить отдельные удары и просто констатируем в масштабах нашего восприятия их суммарный результат, внешне носящий непрерывный характер.

Теория, по которой материя состоит из мельчайших неделимых частиц, тоже подразумевала прерывность явлений, ибо каждый атом вступал во взаимодействие самостоятельно, независимо от других. Но как найти средство увидеть это, когда наши органы чувств и даже измерительные приборы так несовершенны?

По мере изучения явления радиоактивности становилось очевидным, что оно имеет прерывистый характер: последовательные серии частиц, или «пакеты» волн электромагнитного излучения, приводили в действие регистрирующие приборы. И эти серии частиц, «пакеты» волн, распределялись по времени совершенно произвольно. Такая прерывность, подверженная случаю, наглядно доказывала, что мы наконец-то имеем дело с деятельностью самих атомов.

Замороженная энергия

Итак, какие-то отдельные атомы, разбросанные там и сям среди огромной массы зерен материи, становились

* Как известно, вскоре супруги Кюри показали, что радиоактивное излучение еще более значительной силы исходит от ранее неизвестного металла — радия, сопутствующего урану в его руде. Все то, что мы для упрощения приписываем одному урану, относится в равной степени к радю и ко всем другим радиоактивным веществам.

ареной внутриатомных потрясений. В итоге они испускали энергию в виде излучения. Таков был главный вывод из открытия Анри Беккереля, в дальнейшем развитого Пьером и Мари Кюри: радиоактивность доказывала, что внутри атомов скрыта энергия.

Но только атомы некоторых элементов (список их был вскоре расширен) подавали признаки такой энергетической деятельности. В результате возникло логичное предположение: атомы этих элементов являются ареной совершенно особых явлений только потому, что они имеют неустойчивый характер, в то время как атомы большинства других элементов, составляющих материю нашей планеты, устойчивы и ничем не привлекают наше внимание. Но такая устойчивость никак не мешала предполагать, что в самих атомах «заморожена» энергия. Короче говоря, следовало думать, что каждый атом содержит в себе энергию, но ее проявления мы можем наблюдать лишь в особо специфических условиях, а именно в тех, в каких находятся так называемые радиоактивные вещества.

Ведь общеизвестно: то, что энергия, скрытая в глубинах нашей планеты, находит выход только в чрезвычайных катаклизмах вроде извержения вулканов, никоим образом не означает, будто в спокойно лежащей под нашими ногами земле не существует энергии. Точно так же мы не видим воды, циркулирующей внутри скал. Но когда в пещере мы вдруг замечаем просачивающуюся воду, то понимаем, что это и есть доказательство наличия подпочвенных вод.

Явление радиоактивности представляет собой такое своего рода извержение, говорящее о существовании энергии внутри атомов.

Уже в начале нашего века мыслители полагали, что настанет день, когда человечество сможет использовать этот неиссякаемый источник энергии, потенциально скрытый внутри любой материи. Первым, кто взял на себя смелость написать об этом, был философ Гюстав Ле Бон.

Вот и все, что кратко характеризует уровень познаний о явлении, которое можно было бы назвать «атомной энергией», к тому времени, когда молодой Энрико Ферми вместе со своим другом Энрико Персико, впоследствии знаменитым математиком, покупал на римской

толкучке Кампо дей Фьори подержанные книги по различным вопросам физики и математики.

О самом атоме стало известно многое главным образом благодаря Эрнесту Резерфорду. Прежде всего то, что атом состоит из элементарных частиц, заряженных электричеством с противоположными знаками. Действительно, исследование радиоактивного излучения показало, что в то время как часть лучей в магнитном или электрическом поле отклоняется в одну сторону, другая часть — в противоположную. Это доказывало, что излучение состоит из положительно заряженных частиц, получивших название альфа-частиц, и из отрицательно заряженных, названных тогда бета-частицами, а теперь называемых электронами.

Если атомы испускают частицы двух различных типов, значит, они содержат в себе и те и другие. Поскольку эти частицы заряжены электричеством с противоположными знаками, а сами атомы, как видно из повседневного опыта, электрически нейтральны, значит, заряды отдельных частиц взаимно уравниваются внутри атомного здания.

Наилучшим подтверждением того, что атомы состоят из сложного комплекса положительно и отрицательно заряженных частиц, служит следующая картина: выбрасывая частицы в ходе радиоактивного излучения, атомы не исчезают, но их атомный вес меняется; в этом процессе самопроизвольного деления происходит превращение одного элемента в другой, он как бы перескакивает в соседнюю клетку периодической системы элементов Менделеева.

Физику и химию осветила ослепляющая очевидность истины, придавшая им чудесное стройное единство: атомы всех элементов состоят из одних из тех же положительно и отрицательно заряженных частиц и отличаются один от другого только числом этих частиц.

Пудинг с изюмом... или, скорее, солнечная система?

Как же расположены внутри атомов эти положительные и отрицательные элементарные частицы, которые взаимно уравнивают друг друга и, по основному закону электростатики, взаимно притягиваются и соеди-

няются таким образом в атомы? Дж. Дж. Томсон предложил «модель», напоминающую пудинг с изюмом: очень маленькие отрицательно заряженные частицы рассеяны (наподобие изюма в пудинге) в массе ядра, состоящей из более крупных положительно заряженных частиц.

Но тот факт, что атомы могут легко расставаться с отдельными электронами — отрицательно заряженными частицами — и становиться, таким образом, телами с положительным зарядом (явление положительной ионизации), побудил Резерфорда отказаться от подобной схемы: нельзя же считать логичным предположение, что отрицательно заряженные электроны могут столь легко вырываться из сплошного окружения положительных зарядов...

Тщательно поставленные великим новозеландским физиком опыты показали, что альфа-частицы, проходя сквозь тонкий лист металла, иногда отклонялись от своего первоначального направления. Очевидно, решил Резерфорд, альфа-частицы наталкивались на большие массы, от которых они могли отскакивать рикошетом. Вывод: раз эти массы не захватывают альфа-частиц, заряженных положительно, значит, они тоже имеют положительный заряд.

Так родилась новая концепция модели атома, структура которого напоминает солнечную систему: почти вся масса сосредоточена в ядре, где собраны положительно заряженные частицы, а отрицательно заряженные частицы, или электроны, вращаются вокруг этого ядра, как планеты вокруг притягивающего их Солнца.

Необходимо было обладать огромной смелостью, чтобы предложить подобную схему. Действительно, если еще можно было объяснить, почему отрицательно заряженные частицы не падают на положительное ядро (допустив, что основную роль здесь играют огромные скорости вращения электронов вокруг ядра), то совершенно непонятно, каким образом масса центрального ядра сохраняет свою компактность: ведь в соответствии с законом электростатики частицы с одинаковым зарядом должны отталкиваться друг от друга и ядро атома должно было бы разлететься на мелкие кусочки.

Однако оказалось, что именно такая модель атома, подобная солнечной системе, более всего соответствует

истине. Уже в 1913 году датчанин Нильс Бор создал свою теорию планетарных орбит электронов. Эта теория основывалась на данных спектроскопии, и последняя постоянно давала новые подтверждения правильности теории Бора: линии спектра, характерные для конкретного элемента, соответствуют длине волны электромагнитного излучения, возникающего при перескакивании электронов с одной орбиты на другую.

То, что электроны составляют нечто вроде короны вокруг ядра, было уже совершенно очевидно для поколения Ферми. Но это поколение до времени смирилось с таинственностью атомного ядра в ожидании, пока новая когорта физиков не раскроет его тайну.

Ферми предстояло стать одним из главных руководителей борьбы за расшифровку сущности ядерных явлений. И он же, построив первый в мире атомный реактор, стал человеком, который подарил людям часть таинственной энергии, сохраняющей — вопреки законам обычной физики — связанными воедино положительно заряженные частицы атомного ядра.

Прежде чем поведать удивительнейшую страницу истории, вписанную в развитие современной физики молодым смуглолицым римлянином, мы должны были рассказать об атоме хотя бы столько, сколько знал он сам тогда, когда увлекся научными проблемами своего времени.

ГЛАВА ВТОРАЯ

МНОГООБЕЩАЮЩАЯ ЮНОСТЬ

Родина семьи Ферми — плодородные равнины, окружающие Пьяченцу — маленький итальянский городок в долине реки По. Но в середине прошлого века Стефано Ферми решил расстаться с сельской жизнью: он переехал в маленькое герцогство Пармское, где стал чиновником. Стефано считал, что дети с раннего возраста должны обрести собственные крылья. Вот почему его второй сын Альберто, несмотря на большие способности, распростился со школой и поступил на железную дорогу. В то время бурно шло железнодорожное строительство,

и на новых железных дорогах можно было легко найти неплохую работу.

Альберто так никогда и не получил высшего образования, однако благодаря способностям и трудолюбию дослужился до начальника одного из управлений генеральной дирекции итальянских железных дорог в Риме. Он был переведен на работу в Рим в возрасте сорока одного года и только тогда женился на двадцатисемилетней учительнице Иде де Гаттис.

Один за другим появились на свет Мария Ферми — в 1899 году, Джулио — в 1900 году и, наконец, 29 сентября 1901 года — Энрико Ферми. Семья жила тогда в доме № 17 на улице Гаэта в квартале Кастро Преторио, близ железнодорожного вокзала. Энрико сразу был отдан кормилице в деревню и вернулся домой уже в возрасте двух с половиной лет.

Это была дружная, сплоченная семья. Чувство долга возводилось в своеобразный культ. Особенно тесная связь существовала между двумя братьями, Энрико и Джулио: ведь их разделял всего один год. Старший брат, обладавший весьма живым умом, оказывал огромное влияние на Энрико. В результате Энрико развивался раньше своих лет. Уже в десятилетнем возрасте он долго — пока не понял — бился над вопросом, безусловно, не входящим в его школьную программу: почему круг характеризуется уравнением $x^2 + y^2 = R^2$?

Братьев сближала общая любовь к механике. То были романтические годы рождения авиации, да и электричество еще не потеряло своей привлекательности для молодежи, чего совершенно нельзя сказать о нашем времени. Джулио и Энрико строили электрические двигатели, чертили проекты авиационных моторов, причем их действия до того переплетались, что выделить долю каждого было невозможно. Без сомнения, именно это увлечение конструированием различных моделей в школьные годы явилось основой той поразительной ловкости в экспериментальной работе, которая так удачно дополняла замечательный дар к теоретической физике, характеризовавший взрослого Энрико Ферми.

Зимой 1915 года неожиданно разразилась трагедия. Джулио нужно было сделать пустяковую операцию по поводу гнойного нарыва в горле. Он не перенес наркотизации и умер еще до окончания операции.



Энрико Ферми в детстве (в центре) с братом Джулио и сестрой Марией.

Яростная жажда знаний

Семье Ферми судьба нанесла тяжелый удар: ведь этот веселый и экспансивный мальчик был ее душой. Энрико, наоборот, всегда оставался довольно замкнутым. Потеряв своего единственного друга, он еще более ушел в себя.

Вот примечательный факт, подчеркивающий волевой характер четырнадцатилетнего подростка с уже сформировавшимся умом: через несколько дней после смерти старшего брата Энрико непременно хочет в одиночестве пройтись перед зданием больницы, где разыгралась драма.

С какой-то яростью набрасывается он на научные и технические книги, которые любил столь же страстно, как и покойный брат. Приготовление школьных уроков отнимает у него сравнительно мало времени, ибо он намного способнее всех своих товарищей по классу. Поэтому Энрико может спокойно предаваться чтению самых разнообразных книг, часто старинных, приобретенных на Кампо дей Фьори. Постепенно накапливается огромное количество отрывочных пока знаний. В числе прочитанных таким образом книг был и толстый трактат по математике и физике, написанный в 1840 году одним иезуитом, причем написанный по-латыни.

Во время своих экспедиций к букинистам Энрико нашел себе нового товарища — приятеля своего брата, с которым до того времени дружбы не водил. Это был Энрико Персико, впоследствии ставший профессором математики Римского университета, а в дальнейшем профессором физики Флорентийского университета. Вскоре оба составляли пару, с равной страстью увлекавшуюся как изучением наук, так и постройкой различных моделей.

Именно в этот период Ферми впервые попытался осознать теорию сложного физического явления. Этим явлением было... вращение волчка. Действительно, почему вращающийся волчок, если его наклонить, восстанавливает вертикальное положение своей оси? Почему, когда вращение волчка начинает замедляться, эта же ось наклоняется и описывает конус? Два Энрико не могли обрести покоя до тех пор, пока не создали теорию, удовлетворившую их жажду знаний. Разве этот эпизод не заслуживает увековечивания в музее истории науки?



Энрико в семнадцать лет.

К тому времени, когда Энрико вступил в «сознательный возраст», семья переехала на улицу принца Умберто, в дом № 133. (Теперь эта улица, идущая вдоль боковой стены Центрального вокзала, называется улицей Джолитти.) Она сплошь была застроена большими жилыми домами вскоре после 1870 года, когда население Рима, внезапно ставшего столицей страны, начало быстро расти. Совершая паломничество по местам, связанным с именем Энрико Ферми, мы непременно хотели увидеть этот дом. Несмотря на величественный, типично римский подъезд, здание выглядит очень ветхим, а его огромные комнаты не имеют абсолютно никаких удобств.

Ферми любил забавлять своих американских друзей рассказами о том, как зимой семья «нагревала» свои ванны: вечером ванны наполняли водой, чтобы к утру она приобрела «комнатную» температуру (комнаты не отапливались). Он также рассказывал, что ему часто случалось во время чтения, борясь с холодом, садиться на свои руки. Страницы же приходилось переворачивать... кончиком языка. Вот еще одна подходящая картинка для музея истории науки.

Возвращаясь вечерами домой, мальчик часто заходил за отцом в административный корпус вокзала. Там Энрико встретил однажды человека, которого поразил своими знаниями и способностями к науке. Этот человек, инженер по фамилии Амидеи, дал ему серию задач, с его точки зрения чрезвычайно трудных. Ферми решил все задачи. Амидеи пришел в восхищение и после этого стал наводить порядок в чтении Энрико. Он приносил ему книги из собственной библиотеки, благодаря которым юноша мог приобрести необходимую основу, первичные знания.

Именно этот человек способствовал тому, что у подростка выкристаллизовалось стремление посвятить себя физике. И именно он рекомендовал юноше после окончания средней школы попытаться поступить в Высшую королевскую нормальную школу в Пизе, основанную в 1810 году Наполеоном наподобие парижской Высшей нормальной школы на улице Юльм, чтобы способствовать учебе особо одаренной молодежи. Этот совет оказался решающим для будущего физика.

Одна из тем вступительных экзаменов называлась «отличительные свойства звуков». Профессор Питтарелли,

принимавший экзамен, был так поражен познаниями, проявленными одним из поступающих, что решил лично познакомиться с ним. Ведь на первой странице его экзаменационного черновика было записано уравнение с частными производными, решенное с помощью рядов Фурье. Это много выше требований, предъявлявшихся к абитуриентам. Действительно ли молодой человек понимал то, что писал?.. После продолжительной беседы профессор Питтарелли пришел к заключению, что на протяжении долгих лет преподавательской деятельности никогда еще не встречал столь одаренного юноши.

Но Энрико не был замкнутым математиком, лишенным способности воспринимать все остальное. Он страстно увлекался и литературой, бегло читал по-латыни, был способен декламировать наизусть целые песни из «Божественной комедии» Данте или «Неистового Роланда» Ариосто...

Пизанские „проказники“

Осенью 1918 года, в момент окончания мировой войны, семнадцатилетний Энрико вступил в первый контакт со студенческой жизнью. Ему предстояло прожить четыре веселых и плодотворных года в городе, где творил Галилей. В здании Нормальной школы, построенном великим архитектором Вазари, он находил кров и стол. Здесь царил обстановка подлинного товарищества. Он слушал лекции в Пизанском университете, одном из тех университетов, где были особенно живучи веселые студенческие традиции. Отсутствие в старом дворце удобств его не смущало: глиняный горшок с углями, который выдавали студентам Нормальной школы зимними ночами, казался ему утонченным сибаритством.

Учеба в университете давалась легко этому молодому человеку, который уже знал большую часть курсов. Поэтому в тосканском периоде его жизни немалую роль играли шутки-заговоры, «надоедливые проказы» и коллективные забавы. На этом поприще у него скоро появился новый друг, новый сообщник, Франко Разетти.

Этот Разетти, которому суждено в будущем также стать крупным ученым-атомником, был довольно странным юношей. Естественный по призванию, он

всегда стремился узнать что-то новое в ботанике или зоологии, хотя к тому времени уже обладал подлинно энциклопедическими знаниями в этих областях. И если он решил изучать физику, то именно потому, что чувствовал, как эта наука обгоняет его, а ему хотелось и здесь отличиться.

Разетти основал «Общество борьбы с соседом», официальной целью которого было устраивать лакости своим ближним. Каждый член этого странного братства был обязан постоянно носить с собой маленький замочек, выкрашенный, как правило, в яркий цвет, и стараться с его помощью «замкнуть» костюм своего соседа. Закон братства требовал также никогда, ни при каких обстоятельствах не уступать мольбам жертвы и даже, чтобы не было соблазна поддаться чувству жалости, никогда не носить с собою ключа от замочка. Однажды с помощью двух скоб и замка Ферми запер самого Разетти в его собственной комнате, устроив после этого с помощью товарищей пышную серенаду под его окнами.

Мы специально подчеркиваем шутливые черточки в характере Ферми, чтобы показать его широту и разносторонность. Точно так же, как в Ферми-физике экспериментатор замечательно уравнивал теоретика, так и в Ферми-человеке бонвиван уравнивал ученого-интеллигента. Вскоре мы упомянем и о спортивных успехах Ферми.

Однако дело со зловонной бомбой в университетской аудитории чуть было не кончилось плачевно для двух заговорщиков, которых едва не исключили. Их спасла лишь защита профессора экспериментальной физики. Этот добродушный ученый, любивший запирается в пыльной атмосфере своей лаборатории, так высоко ценил Ферми, что даже обратился к нему с просьбой позаниматься с ним по вопросам современной физики вообще и теории относительности в частности, признавшись, что в своем стремительном беге эти науки ускользают от него. Этот факт, отметим попутно, — еще одно доказательство того, что старшее поколение не в состоянии развивать далее науку, молодое же, наоборот, обладает огромным преимуществом — возможностью усваивать самые свежие теории в процессе формирования своего ума.

В июле 1922 года, после четырех лет учения в Пизе, Энрико Ферми было присвоено звание доктора физических наук с высшей оценкой: *magna cum laude* *. Но, стоя в черной тоге во время защиты, Ферми чувствовал, что его выступление скучно и непонятно одиннадцати экзаменаторам. И действительно, они не оказали ему чести напечатать текст его диссертации в «Публикациях» Пизанского университета.

Впрочем, в дальнейшем Ферми сам был вынужден признать, что его диссертационные исследования рентгеновских лучей не представляли никакой ценности. Опубликовав совместно с профессором Артуром Комптоном труд «Теория и опытные исследования рентгеновских лучей», Ферми даже не упомянул в нем о своей диссертации.

Еще до совершеннолетия

Итак, Энрико Ферми еще не достиг совершеннолетия, когда ему было присвоено звание доктора наук. Совершеннолетие было отпраздновано в сентябре того же года, когда Ферми вернулся в Рим, в семейную квартиру на улице принца Умберто. Его сестра Мария только что начала работать — преподавать греческий и латынь.

Нужно учесть, что диссертационную работу о рентгеновских лучах Ферми навязали преподаватели университета; в то время мысли молодого физика были уже далеко — его привлекала теория. Еще в 1921 году он опубликовал в солидном научном журнале «Нуово чименто» две статьи: «Относительно электростатики равномерного магнитного поля и относительно веса электромагнитных масс» и «Относительно динамики жесткой системы электрических зарядов в поступательном движении».

В 1922 году Ферми опубликовал в «Записках» Национальной академии «дей Линчей» ** и в известном немецком журнале «Физикалише цейтшрифт» три статьи по проблемам теории относительности. Мы лишены возможности перечислить все опубликованные им в после-

* Великолепно, похвально (лат.).

** Академия «рысьеглазых» — исторически сложившееся официальное название одной из старейших академий наук Италии. — Прим. перев.

дующие годы статьи. Только в одном 1923 году было напечатано четырнадцать его статей.

Всего через три месяца после возвращения Ферми из Пизы в Рим произошло еще одно событие, наделавшее в городе много шума: в Рим прибыл Бенито Муссолини во главе своих фашистов. В то утро, когда римские чернорубашечники выстроились вдоль улиц Вечного города, встречая двигавшиеся с севера колонны, а вся страна с нетерпением ждала, как поступит король: объявит ли по предложению правительства осадное положение, т. е. откроет ли перед Муссолини путь к власти или начнет борьбу с ним, — в то самое утро Энрико Ферми имел встречу с очень важным лицом — профессором Орсо Марио Корбино, директором Физического института Римского университета и к тому же крупным политическим деятелем, сенатором и бывшим министром.

Вскоре после возвращения из Пизы Ферми, встретившись с профессором Корбино, сразу же пленил его и получил приглашение почаще заходить, чтобы побеседовать о физике, а также о своей будущей карьере. Сам Ферми также был очарован этим «преуспевшим» человеком, который старался быть в курсе самых последних физических теорий, всячески поощрял их применение и даже мечтал о возрождении итальянской физики.

С точки зрения Корбино, на том этапе формирования молодого физика, на котором находился Ферми, ему было необходимо провести год-два в одной из иностранных лабораторий. Вот почему Ферми получил стипендию от министерства народного просвещения и предложение отправиться в Геттинген, святыню современной физики, поработать в лаборатории профессора Макса Борна.

Между молодыми немецкими физиками — а среди них был тогда еще совсем неизвестный Вернер Гейзенберг, ровесник Энрико, — и Ферми отношения не налаживались. Ферми не извлек ничего полезного для себя из семи месяцев пребывания в Германии, и позднее он вспоминал этот период с неудовольствием. В свою очередь, его геттингенские хозяева тоже не заметили в юном ученом искры гения. Возможно, они были несколько шокированы всезнайством, проглядывавшим в поведении молодого латинянина. Со своей стороны, Ферми держался там излишне замкнуто, почти застенчиво. Может быть, спрашивал он себя, то превосходство знаний, ко-

торым он поражал всех в Италии, является всего-навсего следствием недостаточно высокого уровня развития физики на родине?

Странный молодой человек

Вернувшись в Рим, Ферми получил назначение читать в Римском университете курс элементарной математики для студентов химического и общеобразовательного факультетов. Он вел этот курс весь 1923/24 учебный год. Именно тогда, весной 1924 года, в группе друзей, в которой он с очаровательной властью играл роль диктатора, Энрико встретил Лауру Капон, дочь высшего офицера итальянского военно-морского флота. Будущей жене великого физика было тогда шестнадцать лет. На первых страницах своей книги «Атомы у нас дома» — произведения, представляющего незаменимый источник сведений о жизни Ферми, — Лаура Ферми дала живописный образ «странного молодого человека», которого встретила на трамвайной остановке, где собралась одним воскресным днем вся его компания:

«Молодой человек был коротконогим, сутулым, его шея как-то выпячивала голову вперед. Он пожал мне руку и дружески улыбнулся. Это едва можно было назвать улыбкой, — слишком уж тонкие и сухие у него губы. Но зато глаза веселые, внимательные. Близко посаженные друг к другу, они почти не оставляли места для узкого носа. Несмотря на его смуглое лицо, они были серо-голубыми».

Он решил, что надо играть в футбол. И включил молодую девушку в свою команду. Ферми утверждал, что его команда, безусловно, выиграет... «Но, — поясняет Лаура Ферми, — его уверенность в себе была абсолютно лишена самомнения, настолько она выглядела непосредственной, естественной».

В том же 1924 году университет в Кальяри, на Сардинии, объявил конкурс на замещение должности заведующего кафедрой математической физики. Сардиния — почти ссылка. Но Ферми был молод, он считал, что это место может послужить прекрасным началом будущей карьеры, и принял участие в конкурсе. Однако жюри конкурса состояло в большинстве своем из противников теории относительности и предпочло молодому предста-

вителю современной физики более пожилого и степенно-го инженера (теперь этот инженер, Джованни Джорджи, стал знаменитым ученым; он автор системы единиц, носящей его имя).

Вскоре в Рим на несколько месяцев приехал голландский физик Георг Уленбек, ученик лейденского профессора Эрэнфеста. Эрэнфест рекомендовал ему познакомиться с Энрико Ферми, которого очень ценил за его замечательные теоретические статьи в немецких физических журналах. Уленбек встретился с Ферми, а осенью 1924 года Ферми получил приглашение на работу в лабораторию Эрэнфеста в Лейдене, где провел три месяца. Это событие впоследствии дважды оказывало влияние на жизнь итальянского ученого. Во-первых, внимание Ферми привлекли работы по изучению статистических систем, проводившиеся в лейденской лаборатории, и именно благодаря этому окончательно сложилось направление Ферми как физика и он сделал первые открытия, принесшие ему всемирную славу. Во-вторых, два голландских физика, с которыми Ферми поддерживал в Лейдене наиболее тесные отношения, Георг Уленбек и Сам Гаусмит, впоследствии эмигрировали в Соединенные Штаты и стали работать в Мичиганском университете в Энн Арбор. Именно благодаря их настоянию Энрико Ферми был приглашен в 1930 году в Мичиганский университет читать лекции по теоретической физике на летних курсах. Сильное впечатление, произведенное на него путешествием, в дальнейшем, очевидно, повлияло на решение также эмигрировать в Америку.

Ключ к атомам

После своего возвращения в Италию Энрико Ферми продолжил преподавание не в Риме, а во Флоренции, где он исполнял обязанности профессора и читал курс механики и математики. Его место в Риме занял Энрико Персико, верный спутник по хождениям к букинистам Кампо дей Фьори и соавтор теории вращения волчка. Во Флоренции Ферми сталкивается снова с Разетти, непревзойденным шутником из Пизы, естествоиспытателем, мечтающим стать физиком. Физические лаборатории Флорентийского университета были построены на знаменитом холме Арчетри; здесь, как и в Пизе, на всем ле-

жал отпечаток жизни и деятельности Галилея, проведенного в Арчетри свои последние годы.

В этой полудеревенской обстановке Разетти с большим удовольствием раскрывает перед Ферми увлекательный мир природы. Долгие часы проводят они, лежа на животе со стеклянной палочкой в руках, на конце которой лассо из шелковой нити, подстерегающее ящериц гекко. Этими ящерицами они затем пугали молодых сельских девушек, обслуживавших посетителей в университетской столовой.

Но какое дело Ферми до ящериц гекко. Лежа в траве, он думает совершенно о другом: о поведении атомов идеального одноатомного газа. Именно там, глядя, в ожидании гекко, на сновавших туда и сюда муравьев, молодой ученый понял суть явления. Так в возрасте двадцати четырех лет Энрико Ферми впервые разрешил одну из великих загадок физики. Замечательный, многообещающий ум Ферми принес первые плоды.

Человеческий ум, который стремится проникнуть в законы, управляющие поведением тел в так называемой современной физике, неизбежно теряет ориентацию, настолько эти законы отличны от тех, которым подчиняется мир, доступный нашим чувствам. Но каковы же все-таки эти законы? Именно их поисками и занимается в общих чертах атомная физика. Время, когда человек мог удовлетвориться изучением того мира, в котором он находится, который доступен его исследованиям, который подчиняется логичным с его точки зрения законам (логичным потому, что он сам подчиняется их действию), который вполне отвечает нашему здравому смыслу, — ушло в прошлое.

Уже долгие годы Ферми старался понять принципы поведения молекул, атомов и электронов. Но прежде чем узнать, что же происходит в действительности, современный физик стремится представить себе, как это будет выглядеть теоретически в более простых условиях. Попытки ума, стремящегося рассмотреть конкретный случай с точки зрения абстрактной гипотезы, не по плечу простым смертным, но они — повседневное занятие для тех, кто изучает современную физику.

Вот почему Ферми раздумывал над чисто теоретической гипотезой о поведении такого идеального газа, который состоял бы из отдельных атомов, а не из много-

атомных молекул. Любой школьник знает, что под идеальным мы понимаем такой газ, который в точности подчиняется законам Бойля — Мариотта и Гей-Люссака. К этому упрощающему условию Ферми добавлял второе, а именно, что газ состоит только из атомов, а не молекул. Несмотря на такое упрощение проблемы, ему не удавалось понять, каким статистическим законам подчиняются атомы этого воображаемого газа.

Нужно глубоко понять смысл слова «статистический», ибо все вертится именно вокруг этого понятия. Какое значение имеет с точки зрения здравого смысла понятие «статистика», когда мы разделяем, пересчитываем и комбинируем различные предметы, монеты или шарики от подшипников?

...Пусть, например, это будут бочончки лото, которые мы раскладываем по ящикам, отмеченным различными буквами алфавита. Могут быть ящики, в которых совсем нет бочончков, в других будет по одному, по два или по три бочончка, может быть, по десять. На каждом бочончке — своя цифра. Классические законы комбинаторного анализа позволяют рассчитать разнообразные сочетания, которые могут составлять эти бочончки, разложенные по ящикам.

Да, но атомы?.. Прежде всего необходимо предположить, что они равноценны, как будто на бочончках лото стерты различающие их цифры. Но надо допустить и какое-то другое условие, трансцендентное по отношению к здравому смыслу, чтобы поведение атомов в воображаемом газе стало понятным.

На протяжении многих месяцев Энрико Ферми внутренне ощущал необходимость этого условия, но не мог его выразить, сформулировать. Именно в 1925 году, когда он бродил по флорентийским холмам об руку с духом Галилея, швейцарский физик Вольфганг Паули опубликовал знаменитое сообщение, в котором сформулировал свой «принцип запрета» (принцип Паули).

В пантеоне физиков

Паули поставил перед собой задачу изучить те энергии, которыми обладают электроны, вращающиеся подобно планетам вокруг атомного ядра. Он пришел к вы-

воду, что на каждой орбите, рассчитанной за десять лет до этого Нильсом Бором, может находиться только один электрон. Следовательно, ни один электрон внутри атома не может обладать той же энергией, что и любой другой электрон данного атома.

— Ну, а если атомы воображаемого газа, который впоследствии получил название «газа Ферми», подчиняются параллельному условию? Именно это и пришло внезапно в голову молодому физическому, когда под руководством Разетти он охотился на гекко.

В 1926 году Энрико Ферми опубликовал на двух языках в «Отчетах» Академии «дей Линчей» и в журнале «Цейтшрифт фюр физик» сообщение «О квантовании идеального одноатомного газа».

Идеальный газ следует рассматривать как систему квантовой механики, т. е. как систему, подчиняющуюся законам прерывности, когда явления могут приобретать не любые, а только определенные, «квантованные» значения («Природа движется лесенкой», — говорили тогда). Вклад Ферми в понимание этой системы состоял в доказательстве, что никакие два атома в ней не могут иметь абсолютно одинаковых свойств. Ни один атом не обладает такой же энергией, как любой другой атом данной системы. Или, если говорить более абстрактным языком, в одноатомном идеальном газе в каждом из возможных квантованных состояний может находиться только один атом. Подойдя иначе, конкретнее, можно сформулировать это так: на каждой ступеньке лестницы энергий может находиться всего лишь один атом. Или еще, если вернуться к нашему примеру с бочонками лото; в каждом ящичке может находиться только по одному бочонку.

Таков в самом элементарном изложении статистический принцип Ферми — Дирака. Сам Ферми и другие исследователи, особенно Дирак, с тех пор доказали, что этот принцип распространяется на многие корпускулы, под которыми следует понимать и элементарные частицы, особенно нейтроны и протоны, и атомы, и даже молекулы, т. е. группы соединенных вместе атомов. В более общей форме можно сделать вывод, что под действие этого принципа подпадают все корпускулы, обладающие «спином», «вращательным моментом», который определяется целым числом плюс половина естествен-

ной величины $\frac{h}{2\pi}$, т. е. соотношением между постоянной Планка и величиной 2π .

По закону Ферми газ, состоящий из корпускул, разогретых до высокой температуры, подчиняется классическому закону Больцмана, а газ, состоящий из корпускул, обладающих низкой температурой, ведет себя совершенно иначе — так, как ведут себя так называемые выродившиеся газы.

Среди многочисленных практических применений этой теории следует прежде всего отметить исследования Ферми и других ученых по электропроводности и теплопроводности металла, в котором свободные электроны атомов ведут себя так же, как выродившийся газ, состоящий из корпускул.

И еще одно практическое следствие: в 1927 году Ферми, применив свой метод к электронам, вращающимся вокруг атомного ядра, предложил довольно простую модель атома, с помощью которой можно легко составить себе представление о множестве различных его свойств.

Мало этого. В дальнейшем Ферми разработал модель даже самого атомного ядра. В его модели протоны и нейтроны представлены как корпускулы двух выродившихся газов, перемешанных между собой и заключенных внутри маленького сферического пространства, соответствующего по размерам атомному ядру.

Отдельные корпускулы подчиняются не статистическим законам этой системы, а другому закону, получившему название закона Бозе — Эйнштейна. Так ведут себя, например, фотоны — частицы, сопутствующие электромагнитным волнам. Для облегчения понимания доведем наше упрощение до крайности и вообразим, что корпускулы, подчиняющиеся этим иным статистическим законам, — бочоночки лото (позволяющие нам делать легко доступные пониманию сравнения), которые могут находиться в каждом ящике в количестве, большем единицы.

Итак, благодаря своим работам Энрико Ферми был допущен в пантеон физиков, в пантеон жрецов элементарных частиц, будучи еще очень молодым. Настало время, когда ученые-атомники приобрели привычку называть «бозонами» те элементарные частицы, которые

подчиняются закону Бозе — Эйнштейна, и «фермионами» те, которые следуют закону Ферми.

Молодой римский физик теперь уже не только многообещающий ученый, но и человек, который точно выполняет свои обещания. Его высокопоставленный покровитель сенатор Корбино получает возможность назначить Ферми на важный пост, он уверен, что эту кандидатуру можно выдвигать наперекор всем и против всех.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ТАК РОЖДАЕТСЯ ШКОЛА

Итальянская физика в период после первой мировой войны не отличалась особым блеском. Следует подробнее остановиться на планах профессора Корбино, мечтавшего возродить ее былую славу.

В те времена в Риме одаренные наибольшими способностями к точным наукам юноши поступали в Техническое училище, высокая марка которого гарантировала его выпускникам блестящую карьеру в промышленности. Преподавание велось на хорошем уровне, а трудность поступления в училище увеличивалась из-за большого конкурса. Становится понятным, что в таких условиях кое-кто начинал испытывать отвращение к усиленным занятиям на подготовительных курсах и, позабыв о своих мечтаниях, делал крутой поворот и поступал в университет, особенно часто на физический факультет.

(Как не вспомнить о классах «кротов», подготавливающих молодых людей во Франции к поступлению в Политехнический или Горный институты и в другие специализированные учебные заведения. В них стремятся попасть наиболее способные к научной работе. В университет же идут только те, кто не рискнул попытаться счастья в трудных конкурсных испытаниях, и те, кому долгая иссушающая подготовка внушила мысль пойти более легким путем.)

Корбино намеревался изменить такое положение вещей. На протяжении всей первой четверти XX века он был единственным в Италии более или менее выдающимся физиком. На смену ему никто не приходил. В те

времена Италия блистала именами своих математиков, таких, как Вольтерра, Леви-Чивита, Энрикес, Кастельнуово. А физиков не было.

Сам Корбино был вынужден отказаться от активной научно-исследовательской работы, но мечтал основать «новую школу» физиков, которая была бы достойна итальянской столицы. Этот лысоватый тучный жизнерадостный человек маленького роста, чья кипучая деятельность переливалась через край, располагал всеми необходимыми козырями для того, чтобы добиться успеха в таком смелом замысле. Прежде всего он был сицилийцем, а это значит — человеком, считавшим само собой разумеющимся доводить до конца все начатые предприятия; во-вторых, он пользовался большим влиянием в высших сферах университетской администрации; наконец, он играл важную роль в высокой политике.

Корбино был в прошлом министром и, хотя никогда не примыкал к фашистскому движению, при Муссолини снова получил министерский портфель. Что могло помешать ему осуществить эту овладевшую им идею создания «римской школы» современной физики?.. К тому же было много данных за то, что практиковавшаяся фашистами после захвата власти политика поднятия национального престижа, а также стремление Муссолини, высказываемое им неоднократно, укрепить славу Вечного города будут даже способствовать Корбино.

Два профессора для единственного студента

В качестве основы Корбино был необходим прежде всего «глава» школы. Кандидатура «главы» не вызывала у него никаких сомнений. Уже давно Корбино знал, что, едва представится первая возможность, он перетащит Энрико Ферми в Рим и поставит его во главе соответствующей кафедры. Не было второго равного ему физика, который смог бы стать вдохновителем будущей школы.

«Такие люди, как Ферми, — часто повторял Корбино, — рождаются один или два раза в столетие...».

Было совершенно очевидно, что школа должна занимать главным образом вопросы теоретической физики, т. е. той областью, где был достигнут наиболее разительный прогресс. Но Римский университет не имел

соответствующей кафедры. План Корбино был ясен: сначала надлежало добиться от Министерства народного просвещения создания такой кафедры, а затем, по итальянскому обычаю, объявить открытый конкурс на соискание должности заведующего кафедрой на основании опубликованных работ. Все шансы были за то, что победителем конкурса станет Ферми, несмотря на его молодость. Разве он не был уже три года «исполняющим обязанности» профессора, т. е. читал курсы лекций в Риме и Флоренции? Разве не опубликовал он множество статей большого научного значения? И не он ли предложил только что эту квантовую статистику идеального газа, опростившую важность которой подчеркивали все теоретики?

В 1926 году намеченный сценарий был разыгран с большой точностью, но не без осложнений. Министерство приняло решение о создании новой кафедры еще весной и сразу же объявило конкурс на замещение должности заведующего. Корбино позаботился о том, чтобы в жюри конкурса не попали противники теорий современной физики. И это жюри присудило первое место Энрико Ферми.

Однако в Римском университете в то время был профессор кафедры высшей физики, замкнувшийся в своих лекционных курсах и теперь вдруг словно востепенувшийся, чтобы протестовать против нанесенного ему оскорбления. Что же представляла собою теоретическая физика, как не высшую физику, по мнению этого ученого? Следовательно, она по праву принадлежала его кафедре. Стремление создать независимую кафедру — махинации, направленные лично против него. Дело осложнилось тем, что этот профессор, как и Корбино, был сицилийцем. На протяжении всей своей римской карьеры Энрико Ферми ощущал молчаливую неприязнь того, кого прозвали «г-н Норд». Ожесточившись, тот почти не покидал северного крыла университетского здания, где была расположена его лаборатория.

Второе место на этом конкурсе занял старый друг Энрико Ферми, товарищ его горячо любимого умершего брата, почти столь же юный физик — Энрико Персино, вместе с которым Энрико Ферми пытался разгадать тайны математики и физики еще задолго до того, как

этого потребовали от них школьные программы. Персино получил кафедру во Флорентийском университете.

Вскоре Корбино познакомился и с Разетти, сразу же полюбил его и перетащил в Рим в качестве ассистента профессора Ферми.

Безусловно, все начиналось прекрасно. Но двух профессоров, какова бы ни была их ученость и каким бы сильным желанием развивать физику они ни горели, недостаточно для того, чтобы создать «школу». Какие студенты будут учиться у них с начала учебного года?.. Как мы уже видели, на физический факультет университета чаще всего поступали те, кто не смог или не решился поступить в технические институты. Как же могли пойти они на штурм величественных вершин теории относительности и квантовой механики?

Поскольку наиболее одаренные молодые люди стремятся в Техническое училище, думал Корбино, именно там и следует их искать. Читая курс электричества студентам первых курсов училища, он, пытаясь привлечь талантливую молодежь, стал увлекательно рассказывать им о захватывающих дух перспективах, которые ожидают в Риме молодых физиков. Благодаря этому он смог завербовать двух будущих квалифицированных инженеров, настолько талантливых, что теперь один из них — глава школы ученых-атомников современной Италии, в прошлом начальник Управления научно-исследовательских работ Европейского центра ядерных исследований, тогда как другой, эмигрировав в Соединенные Штаты, стал лауреатом Нобелевской премии.

Розовощекий юноша с ярко-алыми губами, с чудесными вьющимися волосами, Эдоардо Амальди был сыном профессора математики Римского университета. И вполне естественно, что он вернулся к абстрактным исследованиям, отказавшись от своего первоначального желания стать инженером. Случай с Амальди подтверждал правоту Корбино: хотя сам Амальди происходил из семьи университетского профессора, он, будучи очень способным, намеревался окончить Техническое училище. Он уже был на втором курсе, когда услышал призыв своего профессора, человека, поистине заряженного энергией сверх всякой меры.

Иначе обстояло дело с Эмилио Сегре, студентом последнего курса училища. Он не слушал лекций Корбино

и ничего не знал о его крестовом походе за возрождение итальянской физики. В то время Сегре еще ровно ничего не смыслил в ней. Он пришел в физику благодаря дружеским отношениям с профессором Энрико Ферми, его ассистентом Франко Разетти и их единственным, но блестящим студентом Эдоардо Амальди.

Поэтому нам следует подробнее остановиться на некой веселой группе римской молодежи 1926—1927 годов, ибо без этого трудно понять, как же родилась та римская школа физики, которая вскоре заблистала на мировой арене, а семена ее достижений стали рассеиваться по всему свету.

„Банда логарифмов“

Весной 1924 года мы впервые встретились со странным смуглолицым коротконогим молодым человеком с диктаторскими замашками, когда он организовывал футбол на лужайке. Затем Энрико Ферми провел два года в Лейдене и Флоренции, исчезнув на это время с горизонта римского общества.

Когда в 1926 году Ферми возобновил приятельские отношения с этой группой молодежи, состоявшей в основном из сыновей и дочерей профессоров Римского университета, он только что получил удивительное назначение: министр народного образования создал новую кафедру специально для того, чтобы перевести в Рим этого молодого человека, которому не исполнилось еще и двадцати пяти лет, но который уже нигде не может найти достойного применения своим выдающимся способностям.

Если нас интересует эта группа молодежи, так прежде всего потому, что вся «банда» подчинялась Ферми. Но также и потому, что в ней находилась некая молодая девушка, вскоре ставшая его невестой. К счастью, мы располагаем свидетельством очевидца. Поэтому нам надо полнее черпать из воспоминаний Лауры Ферми, этих замечательных документов, которыми будут пользоваться и все будущие биографы великого физика.

Летом 1926 года Лаура Капон вторично сталкивается с непохожим на других молодым человеком, манеры которого произвели на нее сразу столь сильное впечатление. Семья Капон проводила лето в Долomitовых Аль-

пах, точнее, в Валь-Гардена, вместе с семьей профессора Кастельнуово. Многочисленные дети семьи Кастельнуово составляли жизнерадостное и крепкое ядро молодежи. Здесь и Ферми, который присваивает себе положение руководителя в течение всего времени отдыха, предпочитая общество молодежи, даже детей, обществу взрослых.

Действительно, для Ферми физические упражнения — страсть, необходимость. В них он блещет, он лучше всех. Он организует прогулки, и никто даже не пытается оспаривать его руководство. Во время прогулок он всегда идет впереди, неся самый тяжелый рюкзак, а иногда еще и рюкзаки отстающих, но в конце подъема задыхается меньше всех.

— Разве вы никогда не задыхаетесь? У вас не бывает такого чувства, будто сердце, кажется, вот-вот выскочит? — спросила его однажды одна из спутниц.

— Никогда.

И так как никто не может увидеть птицу, которую Ферми заметил вдалеке на дереве, он поясняет:

— Должно быть, мои глаза сделаны на заказ. Ведь они видят намного дальше, чем у кого бы то ни было другого.

И еще: прокладывая дорогу по осыпи, он уверен в себе:

— Идите, подражая мне, если хотите избежать усталости.

Читатель может при этом подумать: «Как, должно быть, раздражал окружающих этот молодой человек». Ничего подобного! Все знавшие его добродушно вспоминали то наивное простодушие, с каким он гордо демонстрировал, как нечто совершенно очевидное, свое превосходство над другими в самых разнообразных областях. И когда в любой игре, затеянной этой компанией, причем заводилой бывал именно он, Ферми выигрывал, и выигрывал с видом человека, который систематически изучил все необходимое для победы в данной игре, каждый находил это совершенно естественным.

В Риме Лаура Капон встречает Энрико Ферми на обычных субботних вечерах у Кастельнуово. На этих вечерах бородатые математики и их дамы в черных вечерних туалетах оставались в гостиной, тогда как моло-

дежь собиралась в столовой. А «господа профессора физики» неизменно присоединялись к молодежи.

Иногда Лаура брала с собой сестру Анну, занимавшуюся живописью и думавшую только об искусстве. Однажды, покидая дом Кастельнуово, Анна с презрением сказала:

— Ничего интересного, эти твои друзья... все они просто логарифмы...

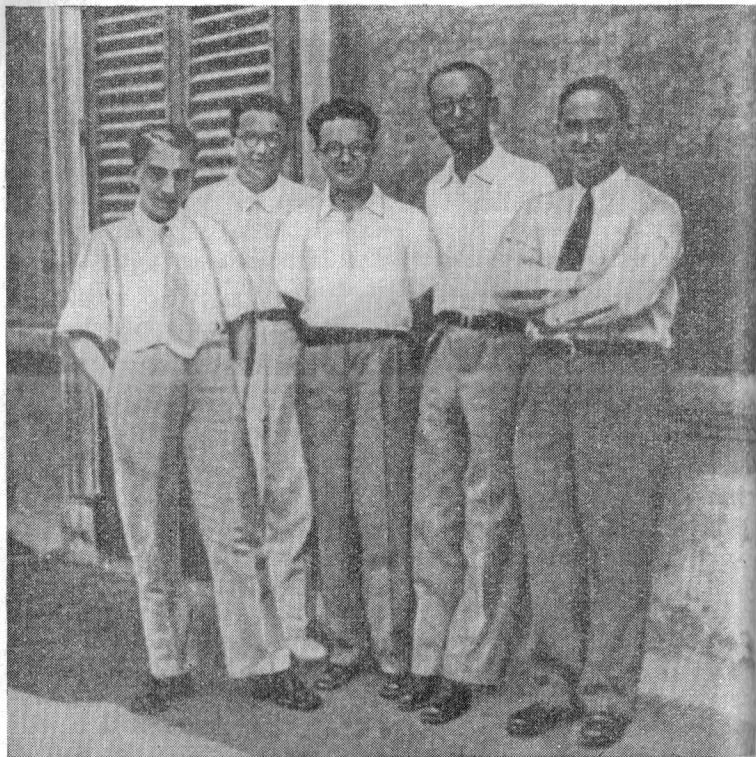
С тех пор в семействе Капон группу товарищей Лауры, которая тем временем сама поступила на общеобразовательный факультет Римского университета, стали называть «бандой логарифмов».

„Мальчуганы“ Корбино

На одной из таких суббот у Кастельнуово появился Эмилио Сегре, приведенный кем-то из товарищей. Это был высокий юноша, уже заканчивавший Техническое училище. Ферми и Разетти настолько покорили его, что он серьезно призадумался: а не заняться ли и ему физикой?

Однако этот человек не принимал решений наспех. Он стал усердно изучать предмет, который почти совсем не знал. Однажды Ферми взял его с собою на международный colloquium ученых-атомников, происходивший на берегах озера Комо. Там он показал Сегре великого Нильса Бора, но это имя ровно ничего не сказало Сегре. Ферми был вынужден прочитать ему целую лекцию по планетарной системе электронов и орбитам Бора. Именно Сегре позднее было суждено стать специалистом по антителам и получить за свои работы Нобелевскую премию. Да, Корбино действительно добился победы: он перековывал инженеров в физиков.

Очень скоро Эмилио Сегре перетащил в рождающуюся школу своего лучшего друга, Этторе Майорану, самого блестящего студента четвертого курса Технического училища. Это был удивительный человек; он мог бы выступать на сцене в роли жонглера математическими задачами. Этторе разбирал самые трудные физические проблемы словно играючи, записывая решение на клочках бумаги и теряя их на следующий день. Он быстро перескакивал от одной проблемы к другой и никогда ничего не публиковал.



Группа Ферми в Риме в 1934 году. Слева направо: Оскар д'Агостино, Эмилио Сегре, Эдоардо Амальди, Франко Разетти, Энрико Ферми

На субботних вечерах в столовой у Кастельнуово Ферми организовывал игру в «блошки»: надо было заставлять подскакивать на зеленом сукне стола мелкие медные монетки. К отчаянию Сегре, который в играх совсем не походил на Ферми, Энрико слишком часто и шумно выражал свою радость извечного победителя. Но для тех случаев, когда «логарифмы» собирались у него, Энрико изобрел игру совершенно иного плана, которая походила скорее на урок физики, чем на забаву, — игру в две лиры.

Семья Ферми жила теперь в «городке-саде» в северо-восточном предместье Рима, неподалеку от впадения Анiene в Тибр. Этот уголок был отведен под строительство домов железнодорожным служащим. Много лет родители Ферми ожидали, пока им будет выделен домик в запланированном месте. Но к тому времени, когда дом, наконец, построили (осенью 1925 года), мать уже более года лежала на кладбище. Именно в этом домике обосновался Энрико Ферми вместе с отцом и сестрой, когда осенью 1926 года окончательно переехал в Рим; здесь-то и происходят знаменитые игры в две лиры.

Вот суть этой игры, как ее изложил сам Ферми юной студентке Джинестре Джовене, ставшей впоследствии супругой Эдоардо Амальди, в тот день, когда она впервые появилась в их кружке: «Каждый может задать любой вопрос кому угодно. Тот, кто ответит неверно, платит лиру, а если задавший вопрос сам не может дать ответа, удовлетворяющего присутствующих, то он платит две лиры... Теперь начинаем. Кто хочет задать вопрос синьорине Джовене?»

В тот вечер Амальди, не подозревая, что настанет день, когда Джинестра будет заниматься приготовлением обеда для него самого, задал ей лукавый вопрос: «Почему можно жарить пищу на прованском масле в луженой оловом кастрюле, хотя точка кипения прованского масла выше, чем точка плавления олова?» Джинестра с честью вышла из этого двойного экзамена по физике и домоводству: «При поджаривании прованское масло не кипит — мы видим лишь кипение воды, которая всегда содержится в продуктах».

Однако чаще всего вопросы не походили на загадки. Эти вопросы были плодотворным методом передачи сведений от профессоров к ученикам и в то же время сред-

ством взаимного обогащения познаний обоих профессоров. Могло показаться, что штраф в две лиры, который должен платить задавший вопрос, если он не знает ответа на него, сделает систему недействительной: никто не будет задавать вопросы, если не знает ответа на них. На деле было иначе: по мысли Ферми, да так оно и оказалось в действительности, во время этих домашних встреч каждый должен был задавать именно те вопросы, которые его волновали в данный момент. И сам Ферми всегда задавал именно те вопросы, над разрешением которых раздумывал в это время: две лиры — совсем недорогая плата за то, чтобы собрать многочисленные и ценные суждения по мучающей тебя проблеме. Другие получали от этой игры удовлетворение, видя, как этот гениальный мозг работает над выяснением того, чего он еще не представлял себе достаточно отчетливо.

Вскоре римская школа получила значительное пополнение. Наряду с итальянскими студентами в ней появились и иностранные. Ферми не столько читал лекции в собственном смысле слова, сколько руководил семинарскими занятиями. Бригада из четырех «мушкетеров» оставалась незабываемой, но состав студентов вокруг нее постоянно менялся.

На протяжении долгих лет сохранялось тесное единство таких различных людей, как Энрико Ферми, Франко Разетти, Эмилио Сегре и Эдоардо Амальди, — единство в труде, единство в развлечениях, в шутках, в спорте, особенно в теннисе.

Корбино с гордостью говорил о них: «Мои мальчуганы...».

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

„ПАПА РИМСКИЙ“

Из всех предметов, которые преподавал Ферми, больше всего возражений встречала квантовая механика, которую молодой профессор излагал перед слушателями во всей ее сложности и глубине. Эта теория, основанная на прерывистости материи на уровне атомного и внутриатомного мира, выдвигала множество

вопросов, разъяснение которых требовало отказа от привычных понятий здравого смысла.

В группе студентов кое-кто высказывал мысль, что основные понятия внутриатомного мира можно принять только как догматы, навязанные извне, а не как принципы, доказательство которых ясно всем. Они заявляли, что вопрос о том, связана ли любая электромагнитная волна с элементарной частицей и, наоборот, свойственна ли каждой элементарной частице волна определенной длины, как это совсем недавно показал Луи де Бройль, — это вопрос только веры.

Если кто-то из группы колебался, тогда истину изрекал Энрико Ферми; то, что он говорил, было «догматом веры», он возвращал «еретиков» на прямой путь, он был непогрешим. Короче говоря, он стал «папой римским». И без ложной скромности довольно быстро освоился с этим прозвищем, скоро ставшим известным и среди молодых физиков других стран.

Хотя Разетти и не проникал столь глубоко в новую теорию, он все же занимал такое положение, что скорее любого другого мог заменить Ферми в его отсутствие. Поэтому, вполне естественно, Разетти стал «кардиналом — викарием папского престола». Этторе Майорану, который всегда был готов выдвинуть любые возражения, вскрыть ошибки, потребовать уточнений, Майорану, внешне похожего на испанца, прозвали «великим инквизитором».

Однажды из Флоренции приехал Энрико Персико, возглавлявший там кафедру физики. Он рассказал своим друзьям, что во Флоренции «новая религия» совсем не имела поклонников. Там были только враги квантовой механики. Ферми незамедлительно поручил ему великую миссию «распространять истинную веру среди неверных» и торжественно назначил Персико «кардиналом pro Propaganda Fide» *.

На подходе к атому

В эти плодотворные годы Энрико Ферми и его друзья внесли свой вклад в развитие квантовой и волновой механики. Их группа уделяла особенное внима-

* «Pro Propaganda Fide» (лат.) — по пропаганде веры.

ние механизму излучения с точки зрения волновой механики. Каким образом атом поглощает и выделяет свет? Каким образом появляется интерференция в электромагнитном спектре? Какова истинная сущность эффекта Доплера — Физо? Как распространяется свет в пустоте?

Так молодые исследователи подошли к изучению проблем структуры атома. Отметим серию важных сообщений, опубликованных в 1928 году: в журнале «Цейтшрифт фюр физик» «Статистический метод определения отдельных свойств атома и его приложение к теории периодической системы элементов»; в «Отчетах» Академии «дей Линчей» — два различных сообщения под одинаковым заглавием: «О статистическом выведении некоторых свойств атома».

Не будем пытаться детально выяснять, в чем именно состоял вклад Ферми в развитие волновой механики и в познание строения атомного ядра. Постараемся только представить себе тот физический мир, в раскрытии сущности которого столь блистательное участие принимала римская школа. Сейчас этот мир составляет предмет увлекательной дисциплины «квантовая электроника», дисциплины, у истоков которой по праву лежит комплекс работ того времени, проделанных Энрико Ферми.

Внешняя часть атома состоит из «свиты» вращающихся электронов. Более полувека назад Нильс Бор задал себе вопрос, не подчиняются ли эти микроскопические планеты законам, аналогичным закону Бode в астрономии, по которому расстояния от орбит отдельных планет до Солнца подчиняются определенной закономерности. Иначе говоря, планеты вращаются не по любым орбитам, а только по определенным из бесконечного числа возможных в соответствии с законами небесной механики. Равным образом не вращаются ли и электроны вокруг атомного ядра только по некоторым, определенным орбитам? Не является ли электростатическое притяжение, обуславливающее стабильность атома, чем-то соответствующим силам тяготения, которые уравновешивают нашу солнечную систему?

Таким образом оказалось возможным объяснить излучение, выделяемое атомами в некоторых «возбужденных» состояниях: электрон, вращаясь по своей основной

орбите, находится в «спокойном» состоянии и не излучает никакой энергии. Но если какая-нибудь возбуждающая сила — воздействие «пакета» энергии — нарушает равновесие этого электрона, он переходит на другую, не свойственную ему орбиту, на которой не может находиться продолжительное время. А возвращаясь на свою основную орбиту, он отдает ту энергию, которую получил во время возбуждения, — испускает энергетическое излучение.

Эти излучения соответствуют линиям, составляющим характерный для данного вещества спектр.

Исходя из такой гипотезы, Бор рассчитал энергию, которой должны обладать электроны при нахождении на своих основных орбитах. В один прекрасный день 1913 года он обнаружил, что всегда существует постоянное соотношение между энергией и частотой излучения. И в довершение всего число, выражающее это соотношение, оказалось известным еще с 1901 года — это была знаменитая «постоянная Планка».

Исследуя тепловое излучение, Планк показал, что энергия всегда излучается равными порциями, своеобразными «зернами», или «квантами», как начинали говорить тогда.

Следовательно, электромагнитное излучение атомов подчиняется тем же основным законам квантованного излучения, излучения «зерен» энергии. Вот почему световой спектр элементов состоит из прерывистых полос. И электроны действительно вращаются только по некоторым, определенным орбитам: на уровне мира атомов природа теряет свой непрерывный характер, она выглядит как ступеньки лестницы.

Сам Бор рассказывает, что в тот момент, когда перед ним внезапно открылся новый физический мир, ему пришли на память стихи великого поэта Китса, в которых он повествует, как конквистадоры Бальбоа впервые увидели Тихий океан с холмов Панамского перешейка: «И они переглянулись между собою, охваченные странными мечтаниями, и молча стояли на холме Дария».

В настоящее время и квантовая, и волновая механика доказали свою состоятельность. Их здание представляет собою единое целое, теоретические построения углублены и усовершенствованы — в значительной части

благодаря работам Ферми, а техника спектроскопического анализа, позволяющего проверить правильность теоретических положений, постоянно прогрессирует.

Отец „квантовой электроники“

Каждый раз, когда электрон, получив дополнительную внешнюю энергию, меняет орбиту, он стремится как можно скорее вернуться на свою, если так можно сказать, основную орбиту — орбиту равновесия. При этом он отдает в форме электромагнитного излучения то количество энергии, которое получил. Он всегда излучает квант энергии e . А по формуле Планка $e = hf$. Иначе говоря, квант энергии равен произведению постоянной Планка h на частоту колебаний f .

Если электрон был перемещен на орбиту, сильно удаленную от его основной орбиты, то в результате падения электрона обратно на нее высвободится большое количество энергии. Но, как всегда, величина e должна соответствовать произведению hf , поэтому частота f должна быть очень большой. Наоборот, если орбиты находятся на незначительном расстоянии друг от друга, то переход электрона с одной орбиты на другую вызовет излучение меньшего количества энергии, что потребует не такой большой частоты f .

Следовательно, чем больше расстояние между орбитами, с которых перескакивает электрон, тем выше частота его излучения: оно будет приходиться на голубую, фиолетовую, даже ультрафиолетовую части спектра, если орбиты очень сильно удалены друг от друга, а в некоторых, исключительных случаях длина волны этого излучения может даже соответствовать длине волн рентгеновских лучей. Когда же орбиты очень близки друг к другу и, следовательно, частота значительно ниже, это излучение будет приходиться на красную и даже инфракрасную части спектра.

Вот таким образом спектроскопия позволяет нам, с одной стороны, изучать строение атомов, а с другой — проверять гипотезы о структуре атомов.

В настоящее время ученые сумели добиться выявления различных промежуточных уровней — так называемых подуровней — между возможными орбитами электронов. В разработке методов «сверхтонкого» изучения

строения атомов сыграл основную роль Энрико Ферми, опубликовавший совместно с Эмилио Сегре соответствующее сообщение в 1933 году.

Теперь становится понятным, что изучает квантовая электроника: очевидно, явления, сопровождающие переход электронов с одного квантованного энергетического уровня на другой. Но это еще не объясняет, почему квантовая электроника внезапно приобрела столь широкую популярность, заняв благодаря мазерам и различным лазерам первые полосы газет.

Новым в последние несколько лет было то, что ученые сумели подчинить себе явления излучения энергии, тогда как долгое время эти излучения носили самый беспорядочный характер и не поддавались регулировке.

Безусловно, длина волн электромагнитного излучения электронов по своей сути является строго определенной. Но излучение электронов различных атомов одной и той же материальной среды происходит самопроизвольно во времени: один испускает излучение в данный момент, другой — в иной. Правда, излучение конкретного тела в определенных условиях всегда было постоянным, но оно распределялось во времени без всякой закономерности. Длина волны в каждом отдельном случае была постоянной, но наблюдалось расхождение по фазам. Излучение было «несовпадающим», если применять привычный для физиков термин.

А сегодня, после открытия французским физиком Кастлером явления, названного им «оптической накачкой», можно получать однородный свет: это происходит тогда, когда фазы излучения света одной и той же длины волны полностью совпадают у огромного числа атомов.

Если вспомнить, что все излучатели Герца производят когерентные, однородные волны, если отдать себе отчет в том, что все эксперименты, которые мы научились ставить с помощью волн Герца, объясняются именно их однородностью, тем, что они всегда полностью совпадают по своим фазам, тогда можно представить себе ту революцию, которая произошла в физике в шестидесятые годы.

Итак, человек сумел создать новый искусственный свет, к которому он намеревается приложить те же при-

емы, что были разработаны им для волн Герца: усиление, модуляцию, изменение частот. Теперь техника получила возможность управлять светом. И все это благодаря тому, что научились заставлять электроны перескакивать с одного энергетического уровня на другой в строго определенный для всего комплекса возбужденных атомов момент.

Нет никаких сомнений, что предвестником квантовой электроники является Энрико Ферми. И дальнейшее развитие современной физики только увеличивает его славу.

Поскольку в этой книге мы прежде всего касаемся той роли, которую сыграл Энрико Ферми в подъеме целины атомной энергии, нам следует подчеркнуть, что уже тогда, исследуя излучения электронов, Ферми уделял больше всего внимания энергии, заключенной внутри атома. Правда, в то время исследовали еще весьма незначительные количества энергии, причем только ту энергию, которая содержится во внешней части атома. Постепенно римская школа все заметнее склонялась к исследованию энергии, излучаемой атомом. Очередь энергии, скрытой в самой глубине атома, — так называемой ядерной энергии — пока еще не настала. Ее время придет, и римская группа физиков внесет свой вклад и в это завоевание.

„Малютка Пежо“

Если мы позволим себе вернуться вновь к личной жизни Ферми, то не для того, чтобы защищать на этих страницах смелую теорию равновесия чисто человеческих и научных сторон его жизни. О нет! Жизнь этого замечательного, столь человеческого ученого доказывает, что ее научная составляющая всегда тесно переплеталась с общечеловеческой.

Лучшим тому доказательством служит факт, что большинство научных открытий, сделанных в Риме, и особенно все те, которые мы только что перечислили выше, родились в ходе игры «в две лиры» или в той форме ее продолжения, которую Ферми придал своей работе в лаборатории. Каждый задавал остальным те вопросы, которые он ставил перед самим собой, каждый делал упор на то, что было непонятно ему самому, в надежде,

что партнеры смогут пролить свет на темные участки его логических рассуждений.

Лаура Ферми застенчиво умалчивает о ходе развития их взаимоотношений, о том, как дружба переросла в любовь. Так как же и нам не последовать ее примеру?

Вот вкратце то, что она рассказывает. Точнее, то, о чем позволяет догадываться. В конце лета 1927 года Лаура Капон готовилась к экзамену по органической химии в семье своего дяди, на его даче под Флоренцией. Около полудня на дороге появилась пожилая женщина, почтальон. «Чаще всего я первая замечала ее. Ибо, сама себе не признаваясь, постоянно ждала известий о некоем смуглом молодом человеке...» Однажды от него пришло письмо...

«Кто это тебе пишет?» — спросила Лауру ее сестра Анна. Лаура солгала: «Корнелия». Через несколько минут новый вопрос: «Ну, что же тебе пишет Корнелия?» «Что Ферми купил маленький желтый автомобиль, а Рачетти — светло-коричневый». «Они всегда все делают вместе, эти двое. А почему у тебя такая надутая физиономия?.. Разве что-то не так?..»

Вот объяснение надутой физиономии: «Незадолго до этого Ферми, всегда стремившийся к простоте и возводивший бережливость в культ, объявил друзьям, что он, кажется, готов выкинуть нечто необыкновенное, откровенно безрассудное: купить автомобиль или даже жениться. Итак, он сделал выбор...»

Но страницей ниже: «Однако Ферми оказался способным выкинуть нечто до такой степени сногшибательное, чего он и сам от себя не ожидал: он купил машину, а через несколько месяцев и женился. Вот так я сделалась совладелицей «малютки Пежо».

Лаура Капон отнюдь не соответствовала тем канонам, которые Ферми с его потребностью все предусматривать и классифицировать когда-то выработал для женщины, на которой он бы женился: «Он хотел, чтобы его женой была высокая сильная девушка атлетического сложения, предпочтительно блондинка. Она должна была происходить из крепкого крестьянского рода, не верить в бога; у нее должны быть живы все четыре деда и бабки». К счастью для Лауры, этот всегда до мелочей планировавший свою жизнь человек не каж-

дый раз согласовывал свое поведение с разработанными им же самим теориями...

В октябре, вернувшись в Рим, Лаура была представлена «малютке Пежо» — почти без сомнения, не имевшему двойника во всей Италии. По воскресеньям в маленькую машину набивались все «логарифмы». Яркий цвет, капризное движение прыжками, частые и непредвиденные поломки вскоре сделали эту машину знаменитой.

19 июля 1928 года в римской мэрии состоялась свадьба в весьма классическом стиле. А после свадьбы — более или менее «революционное» свадебное путешествие на гидросамолете.

Мы располагаем любопытными данными об этом свадебном путешествии. Знаете ли, чем занимался Ферми по вечерам в Аостийских Альпах? Учил свою жену, которая, хотя и была студенткой общеобразовательного факультета Римского университета, не имела знаний, достойных жены такого человека. «Мне надо было выучить физику, выучить все, что только известно в этой науке, — пишет Лаура Ферми. — Энрико полагал, что хороший учитель всегда добьется успеха, как бы туп ни был его ученик». Ведь, без сомнения, Ферми считал себя отменным педагогом.

«В обшитой деревянными панелями спальне маленькой горной гостиницы Энрико приобщил меня к уравнениям Максвелла. Я терпеливо учила математические формулы, необходимые для понимания каждого уравнения. Я добросовестно повторяла за Энрико его объяснения, стараясь не смотреть в окно на заманчивый луг, пока не усваивала урока».

Вернувшись из свадебного путешествия, супруги Ферми поселились в квартире, купленной родителями невесты. Энрико занялся составлением учебника по физике для старших классов средней школы. Он избрал такой способ увеличения своих доходов, чтобы оказаться на высоте при решении стоявшей теперь перед ним новой ответственной задачи — ведь он стал главой семьи. В течение двух лет он диктовал учебник жене. Иногда она осмеливалась признаться мужу, что не понимает того или другого места. «Ты просто не хочешь подумать», — возражал Энрико. Но Лаура не считала себя глупее рядового школьника. И Энрико часто прислуши-

вался к ее мнению, особенно после «арбитража» ее сестры Паолы, которая, только что завершив среднее образование, служила удобным «подопытным кроликом».

В треуголке с пером

Воскресные прогулки продолжались. Скоро в них стали принимать участие две супружеские пары, поскольку Джинестра Джовене вышла замуж за Эдоардо Амальди. Игры этих молодых людей с высшим образованием и уже достигших известного положения стали носить более интеллектуальный характер. Самым большим развлечением Ферми и Разетти было «сажать в лужу» своих друзей под предлогом проверки их «общего развития».

«Ферми отличался поразительной способностью находить ответ на любой вопрос, заданный другими или же им самим. Разетти представлял собой поистине неисчерпаемый клад знаний. Он знал все на свете: и монашеские уставы тибетских лам, и время отправления всех европейских поездов, и даты смерти всех королей Англии, и биржевой курс бразильского крузейро. Всеведение и непогрешимость обоих сводили нас с ума», — пишет Лаура Ферми.

Но «папа римский» не всегда был непогрешим. Доказательством тому служит следующая история. Супругам Ферми было очень холодно зимой в их новой, только что построенной квартире. Может быть, стоит поставить вторые рамы?.. «Энрико, который к любому практическому предложению любил подходить рационально, ушел у себя в кабинете и погрузился в длиннейшие вычисления, чтобы определить, сколько холодного воздуха может поступить извне сквозь щели оконных рам и каково будет его влияние на температуру в комнатах. Результаты получились обескураживающие: проникновение внешнего холодного воздуха ничтожно. Следовательно, вторые рамы не нужны. Но через несколько месяцев я добилась у Энрико согласия на установку вторых рам. Он пересмотрел свои вычисления и обнаружил, что в десятичной дроби не там поставил запятую».

Карьера Ферми в Римском университете, точнее, в Физическом институте университета на улице Паниспер-

на, протекала без осложнений. «Г-н Норд», личный враг сенатора Корбино, продолжал выступать против молодых физиков, претендовавших на абсолютное господство в теоретической физике, как будто эта теоретическая физика не была всего лишь одной из ветвей «высшей физики», которая издавна подчинялась только ему. Он делал вид, будто этих молодых физиков вовсе не существует, и старался не покидать северного крыла институтского здания. Но враги «г-на Норда» старались усугубить его изоляцию, утверждая, с примерами в руках, что у него «дурной глаз», что он приносит несчастье всем, с кем встречается...

Однако скоро «г-ну Норду» представилась возможность отомстить. И вот каким образом. Корбино хотел, чтобы Ферми был избран действительным членом Академии «дей Линчей». Кандидатуры новых академиков можно предлагать только один раз в году, на заседании, происходившем в присутствии короля. К несчастью, Корбино находился в Соединенных Штатах. Поэтому он попросил «г-на Норда», другого физика из числа членов этой представительной когорты, зачитать его письмо на заседании. Но когда Корбино вернулся из Соединенных Штатов, выяснилось, что «г-н Норд» об этой просьбе «забыл»:

— Простите мою забывчивость. Ваше письмо так и осталось у меня в кармане.

Но, впрочем, эта подножка обернулась благодеянием. В следующем, 1929 году Муссолини создал новую Королевскую академию по образу и подобию Французской академии. Академики будут избираться методом кооптации. Но для начала первых тридцать академиков назначит король. Кто будет представлять физику в этом ареопаге?.. Корбино?.. Нельзя: избрание его сенатором исключало возможность занять академическое кресло. Тогда это, бесспорно, должен быть «г-н Норд». Но вместо него назначили Энрико Ферми, которому исполнилось двадцать семь лет и который никогда не шаркивался перед фашистским строем.

Звание академика давало право на обращение «ваше превосходительство» (это весьма шокировало демократический склад ума Ферми), на великолепный мундир, расшитый серебром, и треугольную шляпу с пером. Обладатель этого мундира старался тщательно прятать

столь помпезную одежду, никак не вязавшуюся с «малюткой Пежо». Наконец, академику полагалось весьма значительное жалование, намного превосходившее университетский оклад Ферми и, более того, выплачивавшееся в дополнение к нему.

За год до того Ферми получил приглашение возглавить кафедру в Цюрихском политехническом институте и долго колебался, стоит ли принимать его. Чтобы компенсировать ту материальную потерю, которая была связана с отказом от заманчивого предложения — а Ферми, в конце концов, отказался, — Корбино устроил ему заведование отделом физики в монументальной «Итальянской энциклопедии», публикация которой тогда только начиналась.

Отныне гениальный физик мог совершенно не заботиться о материальной стороне жизни. «Деньги, — говаривал он часто, — сами стремятся к тому, кто не гонится за ними. Я не забочусь о деньгах, и они сами ко мне идут».

В то же время Ферми занимался настоящей охотой за любыми постами для своих учеников, для тех, кого он подготовил, для тех, кого в университете прозвали «маленькими физиками».

Рассказ об этом периоде, которым завершается юность Ферми, был бы неполным без упоминания о поездке, которую Энрико и Лаура Ферми совершили летом 1930 года в Соединенные Штаты Америки. Мичиганский университет в Энн Арбор организовал colloquium по вопросам теоретической физики. По предложению голландских друзей, с которыми он подружился в Лейдене в 1924 году и которые теперь работали в Мичиганском университете, Ферми был приглашен прочитать цикл лекций по квантовой теории излучения.

«Понравилась ли вам Америка?» — спросили американцы молодых итальянцев — ведь у американцев настоящая мания задавать подобный вопрос каждому, кто едва ступил на землю их страны; они даже не представляют себе, что подобный вопрос, требующий категорического «да» или «нет», вряд ли стоит задавать латинянину, привыкшему смаковать тончайшие нюансы.

Супруги Ферми еще не могли тогда знать, что настанет день, когда они действительно полюбят Америку...

ФИЗИКА ПРИНИМАЕТСЯ
ЗА АТОМНОЕ ЯДРО

Примерно к 1932 году внешняя структура атома была уже весьма хорошо описана. Поэтому физики стали приглядываться к атомному ядру. До тех пор ядро рассматривалось как монолитный блок, в который невозможно проникнуть, хотя, впрочем, никто и не пытался по-настоящему сделать это.

Что же было известно к тому времени о строении атомного ядра?.. Измерили его массу, сильно меняющуюся в зависимости от места элементов в таблице: масса возрастала по мере увеличения порядкового номера элемента в периодической системе элементов или атомного числа. Это наводило на предположение, что строение ядра становится по мере увеличения атомного веса все более и более сложным. Было, естественно, известно, что атомное ядро заряжено положительным электричеством и что этот заряд соответствует сумме отрицательных зарядов электронов, поскольку атом в целом представляется нам электрически нейтральным. Наконец, исследователи улавливали странные сигналы этого ядра у очень редких радиоактивных элементов, причем можно было с уверенностью утверждать, что эти сигналы представляли собою излучение, исходящее из самых сокровенных глубин атомного ядра.

Положительно заряженные частицы, присутствующие в излучении урана и радия и названные при их открытии альфа-частицами, не являются элементарными частицами, как стало известно уже в первые годы нашего века, а представляют собою ядра атомов гелия. Во время радиоактивного распада ядер положительно заряженные частицы извергаются в виде всегда равных между собою «пакетов» этих ядер атомов гелия.

Элементарная частица, являющаяся носителем единичного положительного заряда, — протон, как ее назвали, — была обнаружена Резерфордом еще в 1914 году. Резерфорд поместил в запаянный сосуд водород и пропустил сквозь него сильные электрические разряды.

В результате атомы водорода были «ободраны» (сейчас действительно часто употребляют это слово «stripped»), и в сосуде оказался заряженный положительно ионизированный газ. Более того, величина заряда отдельных составных элементов этого газа была измерена и оказалась равной — но, безусловно, с другим знаком — величине заряда одного электрона.

Начала приоткрываться завеса тайны над удивительным единством материи. Первым сделал это голландский ученый ван ден Брек: атомные ядра содержат положительно заряженные элементарные частицы в количестве, строго соответствующем числу электронов, вращающихся вокруг этого ядра. И каждый раз, когда ядро приобретает дополнительный положительный заряд (и соответственно в атоме появляется еще один отрицательно заряженный электрон), совершается переход от одного элемента к другому, занимающему соседнее место в периодической таблице элементов, составленной на основании их атомных весов. Но у ван ден Брека это было просто логическое предположение.

Познакомившись с этим предположением, молодой английский физик Мозли, работавший у Резерфорда (Мозли погиб во время первой мировой войны), занялся измерением зарядов атомных ядер различных элементов. Он установил, что атомное ядро каждого элемента обладает зарядом, в кратное число раз превышающим заряд одного протона. Более того, множитель точно соответствовал порядковому номеру клетки, занимаемой этим элементом в периодической системе элементов.

Однако далеко не все было так просто, как казалось на первый взгляд. Действительно, если электрический заряд атомного ядра всегда равнялся произведению заряда одного протона на целое число, то почему такая пропорциональность не соблюдалась в том, что касалось масс атомных ядер данных элементов?..

Гениальный Мозли высказал гипотезу: так называемые простые элементы на самом деле представляют собой смесь нескольких различных элементов, атомные ядра которых имеют один и тот же положительный заряд, т. е. элементов, занимающих одну и ту же клетку периодической системы Менделеева. Отсюда и происходит то название, которое Мозли дал этим элементам, — «изотопы», т. е. «занимающие одно и то же место».

А если существует и третий вид кирпичей?

В тот период, когда первая мировая война отодвинула атомные исследования на второй план, перед учеными-атомниками встала сложная проблема: почему фактически атомы «весят» не столько, сколько должны были бы «весить» теоретически. Когда наступил мир, Резерфорд (опять Резерфорд!) предложил решение этой проблемы.

Почему атом гелия, который должен состоять из двух электронов и двух протонов, весит не вдвое больше атома водорода, состоящего только из одного электрона и одного протона, а в четыре раза?.. Может быть, просто потому, что при строительстве атомных зданий природа использует не два вида «кирпичей» — электроны и протоны, а три, причем третий представляет собою электрически нейтральную элементарную частицу. И если ее существование до сих пор не было обнаружено, то лишь потому, что она очень трудно поддается регистрации именно из-за отсутствия как положительного, так и отрицательного электрического заряда.

Вообразим, что действительно существует такая электрически нейтральная частица, масса которой примерно равна массе протона. Тогда предполагаемый принцип построения атомных ядер становится вполне логичным.

Если исходить из гипотезы, что атомы состоят только из электронов и протонов, нельзя создать атомной модели, удовлетворительно учитывающей массу атомов. Наоборот, допущение гипотезы о существовании третьей элементарной частицы приводит все в логический порядок. Тогда ядро гелия должно иметь не только два протона, заряженных положительно, но и две нейтральные частицы, что объясняет как то, что масса атома гелия равна четырем, так и то, что в его ядре не может быть более двух протонов.

Разговор о пресловутых, но неуловимых «нейтронах» шел на протяжении более чем десяти лет — тех десяти с лишним лет, в течение которых Энрико Ферми оттачивал свое оружие физика. Но ведущаяся со всех сторон охота на нейтроны пока что не приносила результатов.

Первыми спугнули «дичь» в 1932 году парижские физики — Ирен Кюри, дочь Мари и Пьера Кюри, и ее

муж, Фредерик Жолио. Но они еще не поняли, какое именно излучение неожиданно получили.

Вот сущность их опыта. Бериллий подвергали бомбардировке альфа-частицами, излучавшимися полонием. В результате этой бомбардировки бериллий испускал неизвестное ранее излучение, под воздействием которого мишень — парафин — начинала в свою очередь испускать поток быстрых протонов. Что же это были за «снаряды», с такой энергией выбивавшие протоны из ядер водорода, которые содержатся в парафине?

В Англии Джемс Чедвик повторил опыты супругов Жолио-Кюри и вскоре показал, что таинственные снаряды, испускаемые бериллием, с одной стороны, имели массу, равную массе протона, а с другой — были лишены электрического заряда. Вот, наконец, те самые нейтроны, которые требовала логика человеческого разума.

Запомним эту дату — 1932 год. Она знаменует переворот в атомной физике. Только теперь становилась ясной структура атомного ядра, и таблица Менделеева оказывалась чудеснейшим зданием: ведь открытие нейтрона дало возможность объяснить сущность массы атомных ядер, как раньше открытие протона позволило объяснить величину их электрического заряда.

И слово «изотопы», изобретенное Мозли, тоже воскресает: на этот раз оно относится к действительно существующим элементам... Допустим, что ядро атомов может содержать различное количество нейтронов на данное количество протонов. Тогда становится ясно, что один и тот же элемент может иметь несколько разновидностей, несколько изотопов. Все изотопы одного и того же элемента имеют одинаковые химические свойства, ибо эти свойства определяются связями, в которые вступают внешние электроны, составляющие «свиту» атомного ядра. Но масса ядер различных изотопов неодинакова, поскольку эти ядра содержат разное количество нейтронов.

Одновременно получила объяснение и другая загадка: почему атомный вес ряда элементов не является целым числом. Оказалось, что эти элементы представляют собою смеси различных изотопов с разными атомными весами.

Стоит несколько подробнее остановиться на понятии «изотопы»; это будет необходимо нам в дальнейшем, что-

бы следить за плодотворными исследованиями Ферми, создавшего огромное число искусственных радиоактивных изотопов. Рассмотрим прежде всего водород.

Мечта алхимиков осуществляется

Существуют три различных изотопа водорода, каждый из которых, с химической точки зрения, всегда является водородом, поскольку химические свойства водорода обусловлены тем, что у каждого из этих трех видов водорода вокруг атомного ядра вращается всего один электрон:

а) H^1 — обычный водород, с атомным весом 1. Его ядро состоит из одного протона;

б) H^2 — тяжелый водород, или дейтерий, с атомным весом 2. Его ядро опять-таки имеет электрический заряд +1, но состоит из одного протона и одного нейтрона.

в) H^3 — тритий с атомным весом 3. Его ядро также имеет электрический заряд +1, но состоит из одного протона и двух нейтронов. Это ядерное здание нестойко, отдельные ядра самопроизвольно распадаются, поэтому тритий радиоактивен.

Точно таким же образом можно обнаружить пять различных изотопов фосфора и 17 изотопов урана, причем в каждом случае мы столкнемся с изотопами, устойчивыми и неустойчивыми, в которых происходит внутриядерное переустройство и которые, следовательно, обладают свойством радиоактивности.

Чтобы уяснить понятие «устойчивость атомных ядер», рассмотрим различные изотопы гелия. Ядро этого элемента обязательно содержит два протона, но может иметь или один нейтрон (гелий с атомным весом 3), или два нейтрона (гелий с атомным весом 4), или три нейтрона (гелий-5) и даже четыре нейтрона (гелий-6).

Гелий-4 (ядро которого представляет собою не что иное, как альфа-частицу) имеет особенно устойчивый характер — это одна из наиболее прочно связанных систем природы. Весьма устойчив и гелий-3. Но вероятность его появления несравнимо меньше.

Наоборот, ядра гелия-6 и особенно гелия-5 в высшей степени неустойчивы. Если изредка атомы этих изотопов и возникают, то только в одном случае из двух они могут просуществовать более восьми десятых секунды

(для гелия-6) и более одной сотысячной доли секунды (для гелия-5). В обоих случаях распад ядер этих изотопов гелия приводит к появлению ядер гелия-4 и возникновению излучения — оба эти изотопа радиоактивны.

Но что происходит с атомным ядром, которое в ходе радиоактивного распада испустило одну или несколько элементарных частиц? Если число протонов осталось прежним, возникает другой изотоп того же самого элемента. Но если число протонов сократилось, мы сталкиваемся с новым элементом, расположенным в иной клетке периодической системы элементов Менделеева. Это значит, что мечта алхимиков, наконец, впервые осуществилась.

До сих пор мы употребляли термин «радиоактивность», не уточняя в каждом конкретном случае, идет ли речь об излучении альфа-частиц (положительная радиоактивность), бета-частиц, т. е. электронов (отрицательная радиоактивность), или гамма-лучей (электромагнитное излучение). Рассмотрим теперь повнимательнее каждое из этих трех различных явлений.

При альфа-излучении атомное ядро выбрасывает сложные корпускулы, состоящие из двух протонов и двух нейтронов, словно эти корпускулы уже предварительно существовали в виде единого комплекса внутри атомного ядра. Происходит утрата двух протонов, т. е. уменьшение положительного заряда ядра на две единицы, что равносильно перемещению на две клетки вниз в периодической системе элементов. Но помимо этого сокращается масса ядра на четыре единицы. Например, торий-232, излучая альфа-частицу, превращается в радий-228. Атомный вес уменьшается на четыре единицы, и элемент перемещается в периодической системе Менделеева: элемент 90 (торий) превращается в элемент 88 (радий).

Бета-излучение весьма отлично от альфа-излучения. При бета-излучении атомы выбрасывают электроны. Первое время после открытия радиоактивности полагали, что эти электроны, выброшенные атомом, не являются составной частью его ядра. Позднее, когда ученые начали яснее представлять себе структуру атомного здания, эти электроны приобрели оттенок таинственности: каким образом атомное ядро, безусловно, имеющее положительный заряд, вдруг выбрасывает отрицательно

заряженные частицы?.. (Следует отметить, что этот вопрос еще не получил разрешения в ту пору жизни Ферми, до которой пока дошел наш рассказ.)

Сегодня уже известно, что такой электрон выбрасывается нейтроном, который после этого превращается в протон. Следовательно, законно предположение, что природа протона и нейтрона почти одинакова: нейтрон представляет собою не что иное, как протон, поглотивший электрон, который таким образом нейтрализовал его положительный заряд. Во всяком случае атомное ядро, выбросившее один электрон, обладает одним протоном больше и одним нейтроном меньше. Значит, здесь также происходит атомное превращение, причем в обратную сторону: появляется элемент из соседней клетки периодической системы элементов, на один номер большей. Вот пример. Торий-231 (90 протонов и 141 нейтрон) излучает электроны и превращается в протактиний-231 (91 протон и 140 нейтронов). Атомный вес остается тот же — 231.

Что же касается гамма-излучения, то оно носит совсем иной характер. В этом случае не происходит выбрасывания каких-либо корпускул. Атомные ядра испускают электромагнитное излучение в очень коротких волнах. Это энергетическое излучение представляет собою вторичное явление при переустройстве зданий атомных ядер.

Предположим, что мы сумели построить какое-то неустойчивое здание. Если оно самопроизвольно перестраивается, выбрасывая ту деталь, которая мешала его устойчивости, эта перестройка будет сопровождаться шумом, который уловит наше ухо. Этот шум — вторичный признак основного явления. Равным образом гамма-излучение является вторичным признаком переустройства ядерных зданий.

Теперь мы вооружены должным образом, чтобы понять явление искусственной радиоактивности, которое привело Энрико Ферми к его основным открытиям.

Человек воздействует на ядро атома

Искусственную радиоактивность открыли во Франции те самые супруги Жолио-Кюри, которые подошли так близко к открытию нейтронов. До того времени

ученые просто констатировали, что некоторые атомные ядра самопроизвольно испускают излучение. Человек никак не мог воздействовать на данное явление, и именно эта невозможность подсказала ему мысль о том, что он столкнулся с явлением, сущность которого скрывается глубоко внутри атомов.

Но вот тридцать восемь лет спустя после открытия Беккереля в том же самом парижском квартале другие французские физики сумели придать искусственную радиоактивность атомным ядрам, обычно не обладавшим этим свойством. Атомы алюминия после соответствующей обработки становились радиоактивными.

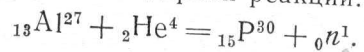
Опыт, о котором было доложено парижской Академии наук 15 января 1934 года, можно пояснить следующим образом. Полоний используют в качестве источника излучения альфа-частиц. Этими альфа-частицами бомбардируют пластинку алюминия. Под воздействием такой обработки пластинка алюминия начинает излучать позитроны, или положительные электроны. И — это главное — если между источником полония и алюминиевой пластинкой поместить свинцовый экран, который поглощает альфа-частицы, излучение позитронов все равно будет продолжаться. Оно продолжается, даже если вообще убрать полоний, т. е. прекратить бомбардировку альфа-частицами. Оно продолжается, даже если унести алюминиевую пластинку в другую комнату.

Это означало, что под воздействием альфа-частиц в ядрах атомов алюминия произошла глубокая перестройка. В результате появились неустойчивые ядра, которые стремятся путем внутренней перестройки вновь обрести стабильность. Точнее говоря, алюминий уже перестал быть алюминием: некоторые его атомы превратились в атомы фосфора, вернее, в атомы неустойчивого изотопа фосфор-30.

Постараемся использовать условную запись, которая теперь широко принята во всем мире и в которой символ каждого химического элемента сопровождается двумя цифрами: цифра сверху после символа указывает атомный вес, т. е. число содержащихся в ядре протонов и нейтронов (или нуклонов, как принято иногда говорить); цифра внизу перед символом означает число положительных зарядов, т. е. порядковый номер клетки периодической системы, соответствующей данному элементу.

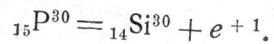
Используя такое обозначение, можно изотоп алюминия, из которого состоит алюминиевая руда, записать как ${}_{13}\text{Al}^{27}$. Из этого следует, что атом алюминия имеет 27 нуклонов, в том числе 13 протонов.

Тогда опыт супругов Жолио-Кюри можно представить в виде следующей ядерной реакции:



Это означает, что альфа-частицы (ядра гелия-4) превращают алюминий-27 в фосфор-30 и нейтроны (${}_0n^1$ — символ нейтрона в ядерных реакциях: частица с массой единица и нулевым электрическим зарядом, т. е. электрически нейтральная). Иначе говоря, ядра алюминия, элемента 13, захватили два протона, превратившись в ядра элемента 15, т. е. в ядра фосфора, а также один нейтрон, что означает увеличение их массы на три единицы, а не на две; но они отказались от второго нейтрона альфа-частицы, который был, таким образом, предоставлен самому себе.

Изотопа фосфор-30 в природе не существует. Точнее, если он когда-нибудь и существовал, то теперь уже давно исчез, поскольку этот изотоп быстро распадается, превращаясь в кремний-30 и испуская позитрон, или положительный электрон:



15 января 1934 года — важная дата в истории физики: человек научился по своему желанию вызывать ядерные реакции, а следовательно, получил возможность изучать ранее глубоко скрытое от него строение атомных ядер.

Час Ферми настал

Ферми проводил зимние каникулы в Доломитовых Альпах, занимаясь спортом. Вернувшись к себе в институт, он познакомился с сообщением Ирен и Фредерика Жолио-Кюри:

«Можно сказать, что впервые стало возможным внешней причиной вызвать радиоактивность некоторых атомных ядер, продолжающуюся в течение конкретного отрезка времени и в отсутствие вызвавшей ее причины. Несомненно, должна существовать более продолжительная радиоактивность (сходная с той, которую мы наблю-

дали), если производить бомбардировку другими частицами».

Супруги Жолио-Кюри, таким образом, ясно давали понять, что следует ожидать новых открытий. Они, очевидно, рассчитывали основательно исследовать это новое направление в изучении атомной структуры; безусловно, они уже начали многообещающие опыты. И сколько еще было в мире лабораторий, где ученые тотчас же бросились исследовать искусственную радиоактивность?..

Однако именно Ферми и его римская школа должны были выйти победителями в этом соперничестве. Собственно говоря, соперничества и не было, настолько Ферми опередил всех остальных.

Да, именно здесь сказалась его гениальность. Особо ярко проявились и его способность моментально охватывать вопрос во всей его полноте, ясно и четко представлять себе все особенности проблемы и, главное, такие качества его ума, как стремление к систематизации, быстрота решений и оперативность их исполнения. Его можно сравнить с военным стратегом, который, едва различив чуть заметную брешь в системе обороны противника, бросает в нее все свои силы.

Ферми немедленно осознает важность грядущей революции... Резерфорд уже осуществлял ранее атомные превращения одних элементов в другие с помощью бомбардировки альфа-частицами, но теперь стало известно, что атомы, полученные в результате опытов современной «алхимии», могут быть неустойчивыми, следовательно, обладать радиоактивностью. И это открывало огромные, ослепительные возможности. Сейчас можно сколько угодно говорить, что такой путь развития физики был неизбежным, очевидным, что опыты с бомбардировкой альфа-частицами, поставленные супругами Жолио-Кюри, могли быть осуществлены даже ранее 1934 года. Но в те времена нужно было обладать очень тонким восприятием всего обнаруженного, чтобы принять, и притом быстро, необходимые решения.

Главное решение состояло в том, чтобы самому преобразиться из физика-теоретика в физика-экспериментатора. Впрочем, такая метаморфоза не очень уж не нравилась самому Ферми.

Он только что опубликовал работу, озаглавленную «Попытка теоретического обоснования бета-излучения».

В ней Ферми изложил свою гипотезу объяснения радиоактивного излучения, связанного с испусканием электронов, потому что в те времена оставалась масса нерешенных вопросов по существу процессов, происходящих при бета-излучении. Эта важная теоретическая работа предсказывает существование и даже предугадывает отдельные характеристики гипотетичной элементарной частицы нейтрино, которую физика начнет изучать лишь после 1960 года. Последняя работа Ферми явилась тем поворотным пунктом, когда ученый стал интересоваться проблемами атомного ядра. Следовательно, к тому времени сам Ферми также изменил характер своих исследований. Правда, он по-прежнему занимается электронами, но теперь уже не теми, которые вращаются вокруг атомного ядра, а скрывающимися в самом сердце атома, в его ядре. Поэтому Ферми оказался должным образом подготовленным к великим исследованиям структуры атомного ядра, которые должны были дать новое средство внешнего воздействия на сердце атома.

Супруги Жолио-Кюри использовали для своих опытов альфа-частицы, а он, Ферми, попробует бомбардировать атомы другими частицами, нейтронами. Разве не сказано в сообщении парижских ученых, что можно производить бомбардировку другими частицами?

Действительно, альфа-частицы имеют положительный заряд; они, следовательно, отталкиваются атомными ядрами, также имеющими положительный заряд, представляют собою неудачные снаряды для взламывания внешней обороны атомных ядер. Нейтроны же как элементарные частицы, лишённые электрического заряда, не встречают на своем пути сил электростатического отталкивания.

Итак, Ферми будет использовать для превращений одного элемента в другой нейтроны, и притом сделает это немедленно. Склонный к систематизации ум подсказывает ему необходимость использовать нейтроны для бомбардировки всех элементов, какие только можно достать в Риме.

Ферми поможет также и его неоспоримое влияние на свою блестящую монолитную группу: он бросит все ее усилия, весь свойственный ей энтузиазм в ту брешь, которая пробита в укреплениях ядерной цитадели.

НОВАЯ АЛХИМИЯ

Сообщение супругов Жолио-Кюри было опубликовано в Париже 15 января 1934 года. А первое сообщение Ферми по этим вопросам датировано уже 25 марта того же года. В нем Ферми описывает положительные результаты, полученные при бомбардировке двух элементов — алюминия и фтора.

Ничто не демонстрирует с такой отчетливостью эффективность действий блестящей группы, привыкшей работать совместно и освобожденной от каких-либо трудностей, связанных с улаживанием административных формальностей, как эта быстрота.

А ведь итальянские физики должны были начинать с самых истоков в области, для них совершенно новой. Лаборатории, долгое время специализировавшиеся на исследованиях радиоактивности, имели в своем распоряжении все приборы, необходимые для опытов с бомбардировкой различных элементов. В Риме же до этого времени физики больше всего ориентировались на теоретические исследования, а тот, кто лучше других был подготовлен к экспериментаторской работе, Франко Разетти, интересовался главным образом вопросами спектроскопии, так что имевшееся у него оборудование не могло принести никакой пользы в намечавшихся новых опытах.

Правда, отдельные члены римской группы в свое время посещали лаборатории, предназначенные для такого рода исследований: Разетти бывал в лабораториях Милликена в Калифорнии и Лизы Мейтнер в Берлине, а Сегре работал у Зеемана в Амстердаме. Но сам Ферми до сих пор был только физиком-теоретиком.

Вот как была организована их работа. Ферми руководил опытами и производил все вычисления. Амальди отвечал за измерения и, следовательно, за электронную аппаратуру. Сегре, выходец из семьи промышленника и, следовательно, более способный по традициям к хозяйственной деятельности, занимался приобретением необходимого и связанными с этим формальностями.

Прежде всего для опытов был необходим источник нейтронов. Ферми решил повторить поставленный супругами Жолио-Кюри за два года до этого опыт, который позволил им получить нейтроны (но они не сумели тогда идентифицировать их). Этот опыт был повторен в Англии Чедвиком, установившим природу новых частиц: он бомбардировал бериллий альфа-частицами.

А что будет служить источником альфа-частиц? Для этих целей часто используют полоний, радиоактивный элемент, открытый в 1898 году Мари Кюри. Но как достать полоний?.. Оказалось, можно использовать радий. И в большом количестве — целый грамм. Этот грамм хранился в подвалах того же самого Физического института. Драгоценный грамм радия был доверен чело- веку, к услугам которого «маленькие физики» так часто прибегали, когда им нужны были приборы или какие-нибудь вещества, что они прозвали его между собою «Божьим промыслом».

Профессор Джулио Чезаре Трабакки возглавлял лабораторию Министерства здравоохранения, находившуюся в здании Физического института. Эта лаборатория была более старинной, чем лаборатория теоретической физики Физического института, и располагала более солидными кредитами, а потому имела и более внушительное оборудование. Ну, конечно же, «Божий промысел» представит им свой грамм радия. Тем более, что расщеплять сам радий не требовалось: надо было просто-напросто собирать один из продуктов ядерного распада радия. В момент открытия самопроизвольного распада радия этот продукт получил название эманации радия, а теперь его называют радон (элемент 86). Этот элемент обладает весьма редким свойством для радиоактивных веществ и вообще для элементов с большим атомным весом: он находится в газообразном состоянии при обычной температуре и нормальном атмосферном давлении.

Радон, в свою очередь, испускает альфа-частицы. Достаточно ввести самое незначительное количество радона в запаянную пробирку с порошкообразным бериллием, и источник нейтронов готов.

Теперь другой вопрос: каким образом определять радиоактивность новых элементов, если ее удастся со-

здать искусственным путем?.. Хотя в те времена счетчик Гейгера уже был изобретен, он еще не считался прибором повседневного пользования даже для физических лабораторий. И никакой каталог фирменного оборудования не предлагал вам готовый счетчик Гейгера. Поэтому всякий желающий заниматься измерениями радиоактивности должен был начинать с монтажа собственного счетчика.

В римской группе наиболее приспособленным к такого рода кустарным работам был Разетти. Но он никак не мог отделиться от своей приверженности к естественным наукам и в этот момент занимался ловлей бабочек и поисками доисторических скелетов в Марокко. Его возврата в Италию вскоре не ожидали... Поэтому Ферми стал собственноручно монтировать прибор, регистрирующий радиоактивность*.

Ферми, склонный к системе в работе, собирался, как мы уже отмечали, изучить поведение всех элементов под воздействием бомбардировки нейтронами. Более того, он проводил свои опыты последовательно, в соответствии с расположением элементов в периодической таблице Менделеева: начав с водорода — элемента 1, он намеревался закончить ураном — элементом 92.

Собирать радон было не так-то просто. Радий оставался на своем месте, в подвале, в сейфе, усиленном свинцовыми плитами, которые должны были защитить физиков от его излучения. Лаборатории Министерства здравоохранения не нужно было ни на минуту расставаться со своим радием, что избавляло Ферми от всякой

* Напомним принцип счетчика Гейгера. В трубку, наполненную газом, введены два электрода, находящиеся под напряжением. При обычном состоянии электрический ток не возникает. Но всякий раз, как радиоактивное излучение проникает в трубку, оно ионизирует газ, делая его электропроводным. Тогда электрический ток проходит снова трубку в течение весьма непродолжительного времени. Электрические импульсы воздействуют на мембрану, так что можно в буквальном смысле слова слышать прохождение каждой частицы. Щелчок означает, что только что произошел распад одного атома в исследуемом образце. Но сейчас, как правило, эти импульсы регистрируются самозаписывающими устройствами.

Следует подчеркнуть, что счетчик Гейгера не позволяет распознавать природу излучения, поскольку и альфа-частицы, и бета-частицы, и гамма-излучение, одинаково воздействуют на газ трубки, ионизируя его. Поэтому счетчик Гейгера пригоден только для установления факта наличия радиоактивности в ее, так сказать, общей форме.

писанины. Он просто получил разрешение собирать радон, самопроизвольно выделявшийся радием, в пробирки с предварительно положенным туда порошкообразным бериллием. Если применить единицы измерения радиоактивности, Ферми набирал в пробирки такое количество радона, которое обладало радиоактивностью в 50 милликюри. Выразить в единицах веса это количество радона было просто невозможно. Под влиянием альфа-излучения такой мощности бериллий испускал значительный поток нейтронов: около ста тысяч в секунду.

Однако радиоактивность радона быстро падает. Поэтому каждую неделю приходилось собирать новые порции радона. Часто трубка ломалась, и тогда нужно было выжидать, пока радий не произведет нового количества этого ценного газа.

...это дело рук мастера

Первоначально бомбардировке нейтронами подвергали водород. Следов радиоактивности в нем не обнаружили. Затем бомбардировали воду. Опять не отмечено радиоактивности. Следовательно, и кислород можно было исключить.

Потом — и также безрезультатно — подвергали бомбардировке литий, бериллий, бор, углерод, азот. Разочарованный Ферми уже готов был отказаться от продолжения опытов. Но в конце концов решил продолжать. И вовремя: с фтором он сразу же добился вполне конкретных результатов. Поднесенный к счетчику Гейгера, облученный фтор существенно увеличил число импульсов, обычно всегда показываемых счетчиком в условиях земной атмосферы. Через десять секунд радиоактивность образца уменьшилась наполовину.

Алюминий дал еще более сенсационные результаты: счетчик делал от 30 до 40 щелчков в минуту, и период падения радиоактивности наполовину составлял уже примерно 12 минут*.

* Вполне понятно, почему Ферми измеряет время, за которое радиоактивность полученных образцов уменьшается наполовину: таким образом он определяет величину периода полураспада нового радиоактивного вещества — одну из основных характеристик искусственных (и природных) радиоактивных элементов, необходимую составную часть их идентификации.

На этот раз Ферми сталкивается с бета-излучением, т. е. с излучением электронов. Это обычная радиоактивность, а не та, которую наблюдал Жолио-Кюри, когда его искусственные радиоактивные элементы испускали положительные электроны.

Дело действительно очень важное, и Ферми записывает очко в свою пользу, отправив 25 марта краткое сообщение в научный журнал «Ричерка шьентифика».

Он пишет в Марокко, требуя скорейшего возвращения Разетти: «мальчуганами» Корбино овладела лихорадка открытий. Ферми старается включить в свою группу химика, потому что химии надлежит сыграть выдающуюся роль, когда они приступят к бомбардировке более редких элементов.

Профессор Трабакки снова выступил в роли «Божьего промысла»: один из химиков его лаборатории работал в те времена в лаборатории Мари Кюри в Париже. Случайно он в Риме проводил пасхальные каникулы. И...специалист по химии радиоактивных веществ Оскар д'Агостино присоединился к группе Ферми, так никогда и не использовав обратный талон своего билета на поезд Париж — Рим.

Для дальнейшего продолжения опытов необходимо было располагать огромным набором различных элементов, в том числе и наиболее редких. Ферми отправил Сегре к поставщикам химических реактивов в столице. «Все элементы периодической системы Менделеева», — таков был его наказ. И Сегре, захватив хозяйственную сумку, отправился выполнять это уникальное поручение.

Великолепный синьор Трокколи, специализировавшийся на торговле химикалиями, принял его с распростертыми объятиями. Некоторые элементы пролежали более пятнадцати лет на самых высоких полках его магазина, и никто ни разу не спросил их. Поэтому Трокколи отдал их за бесценок. Вручая Сегре элементы 37 и 55, он сказал: «*Rubidium caesiumque tibi donabo gratis et amore Deo*»*.

* «Рубидий и цезий даю тебе даром из любви к всевышнему» (лат.).

Изобилие новых изотопов

И опыты продолжались, давая множество интересных результатов.

Железо — период полураспада два часа.

Кремний — высокорadioактивный элемент, период полураспада три минуты.

Фосфор — высокорadioактивный элемент, период полураспада три часа.

Хлор — radioактивность уменьшалась очень медленно, что не позволило сразу же измерить период полураспада, как у других элементов.

Ванадий — период полураспада пять минут.

Медь — слабая radioактивность, период полураспада шесть минут.

Мышьяк — период полураспада два дня.

Серебро — высокая radioактивность, период полураспада две минуты.

Теллур — период полураспада один час.

Иод — высокая radioактивность, период полураспада 30 минут.

Хром — высокая radioактивность, период полураспада шесть минут; бета-лучи были сфотографированы в камере Вильсона.

Барий — слабая radioактивность, период полураспада две минуты.

Второе сообщение (откуда мы взяли эти данные), датированное апрелем 1934 года, заканчивается следующими словами: «Radioактивность различной степени интенсивности и продолжительности периода полураспада дали также натрий, магний, титан, цинк, цирконий, селен, сурьма, бром, лантан».

10 мая представлено новое сообщение, подписанное на этот раз пятью исследователями. В нем приводятся результаты, достигнутые при облучении новых элементов.

Сера — период полураспада довольно продолжителен: не менее нескольких дней.

Кобальт — период полураспада два часа.

Гелий — период полураспада 30 минут.

Бром — в результате бомбардировки было получено два различных элемента, ибо обнаружены два периода

полураспада: один из них равен 30 минутам, другой — шести часам.

Палладий — период полураспада равен нескольким часам.

Празеодим — два периода полураспада: один продолжительностью пять минут, другой — более долгий.

Неодим — период полураспада 55 минут.

Самарий — два периода полураспада, один продолжительностью 40 минут, другой — более долгий.

Золото — период полураспада от одного до двух дней.

Это перечисление заканчивается ураном. Результаты, полученные при бомбардировке урана, занимали в сообщении столько же места, сколько было уделено всем остальным вместе взятым. Это произошло потому, что уран был самый тяжелый из существующих на Земле элементов.

Но не будем забегать вперед — ведь это открытие, потрясшее все человечество, заняло у Ферми многие годы.

Вскоре последовали новые сообщения — от 23 июня и 12 июля. В них содержались и новые материалы, но главным образом уточнения ранее опубликованных результатов: точнее определены периоды полураспада отдельных элементов, проанализировано излучение, получаемое в результате некоторых ядерных реакций, определена энергия этого излучения с помощью измерения толщины алюминиевой пластинкой (алюминий уменьшает силу излучения наполовину).

Выше уже отмечалась краткость периодов полураспада отдельных элементов — всего несколько минут. Следовательно, надо было быстро подносить их к счетчику Гейгера — тотчас после извлечения из установки для бомбардировки. Поэтому физики устраивали настоящие кроссы в коридорах института. Амальди и Ферми были превосходными бегунами. Но можете не сомневаться, что Ферми и здесь, как и повсюду, претендовал на первенство.

Вполне понятна озадаченность уважаемого испанского ученого, который однажды спросил, не может ли он видеть «его превосходительство г-на Ферми», и получил ответ: «Папа римский» наверху».

«Там, наверху», рассказывает Лаура Ферми, — мимо него опрометью пронеслись румяный юноша и коротконогий молодой человек в запачканных серых халатах

с какими-то странными предметами в руках. Изумленный посетитель побродил некоторое время по зданию, никого не нашел в лабораториях и снова вернулся на площадку. И опять мимо него пронеслись эти двое сумасшедших. Наконец важный испанец натолкнулся на молодого человека, который в третий раз вывел его на площадку как раз во время третьей пробежки этих чудачков. «Энрико! Вот этот господин хочет побеседовать с тобой». «Идите за мною», — крикнул Ферми и исчез. Беседа состоялась перед счетчиком в те редкие минуты, когда Ферми отрывал взгляд от прибора и переставал записывать цифры на клочке бумаги. Испанец не мог скрыть своего глубокого разочарования...

Как анализировать то, что не поддается взвешиванию?

Итак, на протяжении нескольких недель стало очевидным, что открыт замечательный метод, позволяющий создавать новые изотопы весьма просто, без деликатных операций и применения дорогостоящего оборудования. Этот метод позволял воздействовать на ядра атомов, рождая тем самым у науки надежду на возможность проникнуть внутрь этих ядер.

Если бы речь шла только об одном опыте, тогда итальянских физиков можно было бы упрекнуть в том, что они не анализировали полученные результаты, а удовлетворялись поверхностной констатацией явлений. Действительно, по сегодняшним канонам их экспериментальные исследования кажутся весьма поверхностными.

Однако все обстояло как раз наоборот. В данном случае то, что Ферми сумел освободиться от страшной скрупулезности, свойственной обычно физикам, было именно его заслугой. Потому что здесь главное было не в том, чтобы весьма точно зарегистрировать количественные результаты, ничего не публикуя до глубокого исследования открытого явления. На этот раз научная задача заключалась в том, чтобы быстро исследовать как можно более широкую девственную область — можно даже сказать, целый мир, открывшийся перед ученым. Физик, не обладавший широтой взглядов Ферми, мог бы замкнуться в мелочных измерениях. Ферми же понял, что перед ним стоит задача — возможно простран-

нее изучить новое явление, не вдаваясь в подробности. К тому же кропотливое исследование потребовало бы работы нескольких физиков на протяжении многих пятилетий: ведь перед человечеством раскрывались необычайно богатые возможности алхимии, это было только начало...

Да, именно алхимии, поскольку в большинстве случаев в результате опытов возникали не радиоактивные изотопы подвергавшихся бомбардировке элементов, а совсем новые химические элементы, которые были расположены либо в предыдущих клетках периодической таблицы Менделеева, если происходило излучение альфа-частиц или позитронов, либо в последующей клетке таблицы, если явление сопровождалось бета-излучением, т. е. излучением электронов.

На этом этапе вполне закономерно возникает вопрос: каким образом осуществлялся химический анализ, если приходилось иметь дело с бесконечно малыми количествами новых элементов? Прежде чем объяснить сущность метода увлечения, использованного Ферми и химиком его группы д'Агостино, мы хотели бы показать, что следы искусственно созданных элементов значительно меньше, нежели может представить себе непосвященный читатель.

Возьмем в качестве примера второй опыт, давший положительные результаты, — бомбардировку алюминия. Полученный в результате опыта новый радиоактивный элемент характеризовался распадом 30—40 атомов в минуту, как об этом говорит сам Ферми. Активность нового элемента сокращается наполовину, т. е. до распада 15—20 атомов в минуту, через 15 минут. Спад активности продолжается в таком же темпе. На основании этого можно прийти к заключению, что после двух с половиной часов признаки радиоактивности уже нельзя установить, а за все это время счетчик регистрирует 800—1000 щелчков. Следовательно, нейтронная пушка привела к появлению всего лишь 800—1000 атомов нового элемента. И только метод увлечения может выявить столь ничтожные, не поддающиеся взвешиванию количества вещества.

Постараемся понять сущность этого метода на примере натрия-24, который, по-видимому, рождается в результате бомбардировки алюминия. К облученному ве-

шеству добавляют какое-нибудь соединение натрия, потом проводят реакцию, характерную для натрия. В ходе этой реакции будут «увлечены» в новое соединение все молекулы натрия, причем тысяча атомов натрия-24 «увлечется» большим числом атомов обычного натрия и перейдет в новое соединение, выпав вместе с ним в осадок. Если в ходе бомбардировки действительно был создан натрий-24, то радиоактивность также перейдет вместе с ним в выпавшее вещество. Если осадок не обладает свойством радиоактивности, значит, в ходе бомбардировки алюминия образовался другой элемент, а не натрий-24. И поиски этого нового элемента будут продолжаться с помощью новых «увлекающих» реагентов. Если осадок стал радиоактивным, но в него перешла только часть полученной радиоактивности, то это означает, что в ходе бомбардировки было получено два различных элемента.

Следующий пример позволит уточнить метод, использовавшийся Ферми и д'Агостино. Бомбардировка золота привела к возникновению нового радиоактивного элемента с периодом полураспада один-два дня. Логически рассуждая, можно было предположить, что в результате опыта получены изотопы иридия, платины или ртути. Оказалось, что это не так. Метод увлечения доказывал, что радиоактивность не сопровождает элементы, добавленные к облученному золоту. Тогда были испробованы реакции, характерные для самого золота, и радиоактивность стала переходить в осадок. Следовательно, при бомбардировке золота нейтронами получался радиоактивный изотоп того же золота.

Уже 25 апреля Резерфорд, получив первое сообщение от Ферми, тепло писал ему: «Я поздравляю Вас со столь плодотворным бегством за пределы чисто теоретической физики». Римская группа физиков посчитала необходимым серьезно обсудить проблемы, поставленные их опытами, с великим новозеландским физиком. Вот почему Сегре и Амальди отправились на все лето в Кембридж.

Они привезли с собой (это было 25 июля) пространное сообщение, подписанное всеми членами римской группы (четырнадцатое сообщение после 25 марта) и подводившее итоги поставленных опытов. Резерфорд зачитал это сообщение в Королевском обществе.

Сегре и Амальди проработали несколько недель с двумя английскими физиками, пытаясь проникнуть в тайну удивительных ядерных явлений, потому что ни Ферми и его группа, ни сам Резерфорд пока еще не могли найти удовлетворительного их толкования. Вернувшись в сентябре в Рим, они явно склонялись к объяснению, которое мы для простоты изложения, не вдаваясь в излишние подробности, назовем гипотезой А.

В Риме был поставлен ряд дополнительных опытов с алюминием для обоснования гипотезы А. Увы! Полученные результаты вынуждали склониться к гипотезе Б. Ферми, отправившийся в Лондон на международное совещание, рассказал там о результатах своих опытов и о выводах, к которым пришли его римские сотрудники.

И вдруг новое разочарование: еще раз повторив опыты с алюминием, Амальди получает опять новые результаты, на этот раз более подходящие под гипотезу А. Он торопливо информирует Ферми, и последний весьма недоволен, что ему пришлось огласить ошибочные результаты.

«Все надо повторить сначала», — требует он. Его сотрудники дружно впрягаются в работу, тогда как сам Ферми отправляется по традиции провести конец лета в Тоскане, у родителей жены.

Тем временем на улице Панисперна накапливаются противоречивые данные: физики чувствуют, что напали на след нового явления. И вскоре это чудесное, фантастичное, необычайное явление раскроет им свой секрет.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

„ДА ЭТО ЧЕРНАЯ МАГИЯ!“

Если между источником излучения и счетчиком ставится какой-нибудь экран, то интенсивность излучения, регистрируемая счетчиком, конечно, сокращается. Но чего ради провозглашать столь явно очевидные истины?..

Да просто потому, что 20 октября 1934 года эта истина была опровергнута: Ферми констатировал, что,

если на пути пучка нейтронов поставить экран, воздействие нейтронного облучения увеличивается.

В конце лета римская группа пополнилась новым молодым ученым, только что блестяще защитившим докторскую диссертацию по теоретической физике, — Бруно Понтекорво. Имя его известно не только в научных кругах, но и широкой публике, поскольку этот физик после второй мировой войны таинственно исчез: он решил предложить свои знания советской науке.

Это был самый блестящий, самый элегантный, самый утонченный юноша из видного пизанского семейства, неотразимый покоритель женских сердец. И прошло всего несколько недель с того дня, как он принял участие в исследованиях искусственной радиоактивности, как ему предоставился случай доказать свою замечательную проницательность.

Мы помним, что Сегре и Амальди в Кембридже вместе с двумя английскими коллегами, потом они оба в Риме, а затем один Амальди получили противоречивые результаты; теперь было необходимо, во исполнение указаний Ферми, повторить опыты на более солидной основе.

До того времени искусственная радиоактивность делалась самым примитивным образом на три категории — высокую, среднюю и слабую. Теперь необходимо было, повторив все опыты, разработать более строгую классификацию. Это поручили Амальди и новичку Понтекорво.

Они решили избрать исходным элементом серебра. Этот элемент уже после непродолжительной бомбардировки приобретал высокую радиоактивность, причем период полураспада продолжался всего 2 минуты 18 секунд, так что с одним и тем же образцом можно было повторять опыт несколько раз в день.

Вот каким образом Амальди и Понтекорво ставили свои опыты. Были изготовлены небольшие цилиндры из серебра такого размера, чтобы внутрь можно было ввести пробирку с бериллием и радоном — источник пучка нейтронов. Такая конструкция обеспечивала максимальное поглощение нейтронов серебром. Наконец, все это помещали в ящик с пятьюсантиметровыми свинцовыми стенками — «зámок», предохранявший исследователей от радиации.

Идеальные условия для опыта. И вот, повторяя опыт с одним и тем же элементом, исследователи обнаружи-

ли, что получаемые результаты неодинаковы... Если раньше такое разногласие результатов не было отмечено, то лишь потому, что степень радиоактивности измеряли слишком поверхностно, а опыты повторяли довольно редко.

Есть от чего сойти с ума

Именно Понтекорво сделал решающую констатацию, которая послужила исходным пунктом для разгадки: если серебряный цилиндр ставили в углу свинцового ящика, он приобретал более высокую степень радиоактивности, чем тогда, когда этот цилиндр помещали в центре ящика.

Внешне констатация этого факта выглядела как довод сумасшедшего. Она, казалось, должна была содержать какую-то грубейшую ошибку. Другие физики с декартовским складом ума просто пренебрегли бы такого рода соображением, сбросили бы его со счетов. Но настоящий физик должен быть рабом фактов: его ум старается объяснить их, а не производить сортировку: такие-то факты приемлемы, а такие-то следует отбросить.

Прежде чем рассказать другим об этой аномалии, Амальди решил еще раз сам удостовериться в ней. Да, истина именно такова: степень радиоактивности выше в тех случаях, когда комплекс излучатель — мишень помещали в угол свинцового шкафа, совсем близко к свинцовым стенкам.

Более того, при проверке различных условий опыта выяснилось, что наведенная радиоактивность серебра была выше, когда бомбардировку осуществляли на деревянном столе — подставке от спектроскопа, нежели тогда, когда опыт проводили на мраморном лабораторном столе.

Ферми вернулся из Тосканы. Прежде чем информировать его о столь сумасшедшем поведении серебра, сотрудники хотели попытаться найти сколько-нибудь пригодное объяснение этому. Но они были вынуждены признаться Ферми, что все их рассуждения зашли в тупик.

Газетти склонялся к тому, что причина кроется в неудовлетворительности способа измерений; короче говоря, он отбрасывал мешавший ему факт. Ферми занял

противоположную позицию; он решил принять этот факт и попытаться найти условия, в которых различие в интенсивности искусственной радиоактивности достигло бы максимума.

Если на конечный результат опыта так влияют условия, в которых он протекает, то надо коренным образом изменить эти условия, например, поместить и трубку (излучатель нейтронов) и мишень (элемент, подвергающийся бомбардировке) вне свинцового ящика. Это позволит варьировать расстояние, которое пролетают нейтроны, прежде чем поразят мишень.

«Результаты новых измерений ясно доказывали, что вне свинцового ящика интенсивность искусственной радиоактивности падала по мере увеличения расстояния между излучателем и мишенью, в то время как, помещая излучатель и мишень внутрь свинцового ящика, мы такого явления не отмечали», — писал Эмилио Сегре об опытах, которые начались 18 октября*.

Таким образом, близость свинца являлась условием, вызывающим увеличение интенсивности наведенной радиоактивности. Поэтому сразу же стали специально изучать поглощение нейтронов свинцом. Но следующий шаг оказался еще более важным: что будет, если поставить свинцовый экран между источником нейтронов и мишенью? Такова была программа опытов на 20 октября.

Однако на следующее утро Ферми решил заменить экран: пусть он будет не из атомов тяжелого свинца, а, наоборот, из атомов каких-нибудь более легких элементов. В физике иногда можно отказаться от принятой уже тактики и полностью изменить одну из переменных величин опыта, чтобы посмотреть, к каким результатам это приведет.

Прежде всего был испробован экран из парафина — вещества, состоящего из атомов водорода и углерода. На проведение опыта были приглашены друзья, и среди них Персико. К полудню все ожидали результатов от воздействия парафинового экрана: в большом куске парафина было проделано углубление для источника нейтронов.

* Сегре лично написал предисловие к различным сообщениям об опытах 1934 года перед их публикацией в «Сборнике трудов Энрико Ферми», выпущенном в 1962 году издательством Чикагского университета совместно с Национальной академией «дей Линчей».

«Сначала я подумал, — рассказывает Сегре, — что счетчик сломался, потому что мы никогда не видели его в таком состоянии. Но очень скоро причина столь высокой активности серебра стала ясна: она была вызвана тем, что нейтроны фильтровались парафином». По свидетельству другого историографа, Лауры Ферми, в институте раздалась бурная возгласы: «Фантастика! Неве-роятно!.. Да это черная магия!»

Дадим вновь слово Сегре: «Мы отправились завтракать, сильнеешим образом возбужденные увиденным. Когда, не нарушив послеобеденной сиесты, мы вернулись к трем часам дня в институт, нас встретил Ферми, который к этому времени уже разгадал причину столь странного поведения нейтронов после фильтрации через парафин. Он высказал гипотезу, что, проходя через парафин, нейтроны сталкиваются с его атомами, и в результате скорость нейтронов замедляется. В противоположность ожидавшемуся это повышает действенность пучка нейтронов».

Чтобы убедиться в возросшей действенности замедленных нейтронов, было поставлено множество опытов; не могло быть никаких сомнений: торможение частиц этого корпускулярного излучения повышает степень их воздействия на другие атомы.

Амальди настаивал на том, чтобы подвергнуть облучению в новых условиях и алюминий. Ведь именно проводившиеся им измерения радиоактивности после бомбардировки алюминия привели к печальной необходимости сообщить находившемуся тогда в Лондоне Ферми результаты, которые в дальнейшем были опровергнуты. Нет, просто нейтроны по-разному влияли на мишень в зависимости от окружающей среды. Никакой ошибки не было и не потребует вноситься исправлений в гранки римского доклада Ферми. А Амальди так боялся, что подложил ему свинью!

Ядерные столкновения

Чтобы понять все то, что осознал тогда Ферми, необходимо прежде всего ясно представить себе законы, по которым происходят столкновения элементарных частиц.

Предположим, что мы толкаем кегельный шар. Если этот шар встретит на своем пути песчинку, скорость его

от этого не уменьшится. Он отбросит песчинку, придав ей высокую скорость. Но хотя скорость песчинки и будет большой, она из-за своей очень малой массы унесет с собою весьма незначительную часть той энергии, которой обладает кегельный шар, поэтому шар и не уменьшит своей скорости.

Представим теперь, что кегельный шар с определенной скоростью наталкивается на массивный предмет. Он отскакивает от него почти с такой же скоростью. В этом случае шар тоже передаст предмету лишь незначительную часть своей энергии, потому что, хотя препятствие и обладает огромной массой, его перемещение от удара практически ничтожно.

Итак, если масса препятствия, на которое натолкнется снаряд, очень мала или очень велика по сравнению с его собственной массой, движущийся снаряд не теряет основного количества своей энергии. Однако если движущийся снаряд и препятствие имеют примерно одинаковые массы, то в момент столкновения происходит переход довольно значительной части энергии от снаряда к препятствию: это видно из того, что препятствие приобретает известную скорость. И можно легко сообразить, что, когда кегельный шар наталкивается на другой кегельный шар с такой же точно массой, он передает второму шару ровно половину своей энергии.

Перенесем теперь все эти соображения в мир атомов, точнее, во внутриатомный мир. Нейтрон обладает примерно такой же массой, что и протон. Он в 1840 раз тяжелее электрона. Если использовать в качестве снаряда для бомбардировки атомов нейтроны, как это делал Ферми, то столкновения с электронами почти не затормозят движение нейтронов, поскольку масса электронов крайне мала по сравнению с массой нейтронов. Равным образом нейтроны не будут существенно замедляться и при столкновении с ядрами тяжелых элементов, насчитывающих свыше двухсот нуклонов (протонов и нейтронов): ведь эти ядра более чем в двести раз тяжелее нейтронов. Если же нейтрон сталкивается с одним протоном, то это аналогично столкновению двух кегельных шаров одинаковой массы: снаряд передаст мишени половину своей энергии.

Самый простой экран с большим количеством протонов — это водород, ибо ядра водорода являются просто-

напросто протонами. Поэтому, направив пучок нейтронов на водород, мы добьемся максимального замедления нейтронов.

Однако когда Ферми столкнулся с непонятными явлениями, происходящими из-за соседства свинца, и решил заменить последний элементом, состоящим, наоборот, из легких ядер, он остановился не на водороде, а на парафине. Почему?.. Потому что в газообразных веществах плотность материи слишком мала: вполне вероятно, что нейтроны смогут пройти сквозь газ, так и не столкнувшись с ядрами водорода. Решением этой проблемы мог бы стать опыт с жидким водородом, но значительно проще использовать кусок парафина. Ведь это вещество, в котором все валентности углерода связаны водородом. Уже сама формула вещества $C_n H_{2n+2}$ показывает, что в данном случае мы имеем дело с молекулой, содержащей максимально возможное число атомов водорода. Более того, поскольку парафин — твердое тело, его молекулы тесно связаны друг с другом; поэтому именно у парафина число протонов на единицу объема максимально. Наконец, и атомы углерода, входящие в состав парафина, также имеют не очень тяжелое ядро: с его шестью протонами и шестью нейтронами оно всего в двенадцать раз тяжелее нейтрона.

Ферми был убежден, что воздействие парафинового экрана на пучок нейтронов будет выражаться в замедлении полета нейтронов. И вдруг Энрико осенило, что замедленные нейтроны могли легче проникать в ядра атомов серебра. Это произошло во время завтрака 20 октября, «последнего, который Ферми пришлось провести в одиночестве, ибо следующим утром я должна была вернуться из деревни», — пишет Лаура Ферми*.

Ключ к воротам замка

Нет, здесь уже не помогут наши повседневные представления. Наоборот, они будут только мешать нам, ибо часто противоречат понятиям волновой механики, зако-

* Лаура Ферми называет историческим днем 22 октября. Эмилио Сегре в своем очень подробном сообщении приводит дату 20 октября. Верить следует именно ему, ибо он основывался на составлении своего сообщения на данных лабораторных тетрадей. А 22 октября был поставлен опыт с экраном из воды.

нам которой подчиняется поведение элементарных частиц. Для того чтобы проникнуть за ворота тщательно охраняемого замка, каким является каждое атомное ядро, нужно ли бомбардировать его снарядами, обладающими большим запасом энергии? Здравый смысл подсказывает нам — безусловно, да. Но в данном случае этот совет ошибочен.

Вот висячий мост. Постараемся давить на него сверху, приложим максимум усилий, чтобы его разрушить, и мы ничего не сможем сделать. Однако мост может разрушиться под ритмичным шагом колонны солдат или под напором ветра. Это происходит потому, что сила — далеко не все, большую роль играет также ритмичность ее приложения. Если ритм колебаний в приложении силы соответствует ритму колебаний, свойственных данной системе, происходит явление резонанса, когда колебания могут достигать весьма большой амплитуды. Именно под воздействием колебаний с большой амплитудой и разрушаются мосты.

Проникновение нейтронов и вообще всех элементарных частиц внутрь атомных ядер также связано с явлением резонанса. Ведь Бройль открыл, что каждая элементарная частица является одновременно и волной. Длина волны, свойственная данной частице, и есть главная характеристика, которая позволяет — или не позволяет — ей проникнуть внутрь атомного ядра, имеющего волну своей собственной длины.

Таким образом, мы видим, что скорость элементарной частицы (а скорость — одна из величин, определяющих длину волны, свойственной данной частице) представляет собою фактор, позволяющий или запрещающий данной частице проникать внутрь атомного ядра. Нейтроны, испускаемые бериллием, обладают слишком большой скоростью, чтобы проникать внутрь атомных ядер. Когда же в результате ряда столкновений их движение замедляется, тогда длина их волны становится такой, что они получают возможность быстро проникать внутрь атомных ядер.

Сегодня мы знаем, что различным атомным ядрам свойственны различные уровни резонанса. Но в 1934 году еще не было возможности различать уровни энергии, которые равносильны «ключу» для проникновения в ядра серебра, алюминия или урана. Тогда был просто отме-

чен факт, что большинство элементов не позволяет быстрым нейтронам, возникающим в ходе ядерных реакций, проникать внутрь своих ядер, и это уже само по себе было большой победой. Второй великой победой оказалось открытие возможности увеличивать способность нейтронов проникать внутрь атомных ядер путем их замедления, достигаемого в результате ядерных столкновений.

Так постепенно это явление проясняется. Мы уже находим вполне естественным, что для проникновения в укрепленный замок значительно разумнее подобрать ключ к его воротам, нежели пытаться разрушить укрепления шквальным огнем. А ключ — это определенная длина волны элементарных частиц, длина волны, которая находится в зависимости от их скорости.

Теперь мы догадались, какая мысль осенила Ферми во время завтрака 20 октября 1934 года. Мы поняли, что в этот день родилась техника «замедления», которой надлежало сыграть столь большую роль в создании атомных реакторов. А также и то, почему близость свинцовых стенок увеличивала степень наведенной радиоактивности серебра: безусловно, ядра свинца — плохой замедлитель, поскольку их масса слишком велика, но все же это было препятствием, из-за которого нейтроны теряли часть своей скорости. Потому-то присутствие свинцовых стенок, от которых отражалась часть испускаемых бериллием нейтронов, и сказывалось на искусственной радиоактивности серебра.

Золотые рыбки профессора Корбино

Ферми изложил эти революционные идеи своим друзьям, когда они после снесты вернулись в лабораторию. Проверить их было легко. Если «виновниками» возрастания радиоактивности были именно ядра водорода, то любое вещество, содержащее большое количество этих ядер, должно оказывать аналогичное влияние. И прежде всего вода: ведь две трети ее атомов — это атомы водорода, а оставшаяся треть состоит также из довольно легких атомов кислорода.

Где найти достаточно объемистый сосуд для проведения опыта?.. Искать не надо: они просто пойдут в сад профессора Корбино, жившего в одном здании с инсти-

тутом, директором которого, позвольте напомнить, был именно он. Там, около стены церкви Сан-Лоренцо-ин-Панисперна, под большим миндалем, имелся бассейн с золотыми рыбками. «Маленькие физики» забавлялись здесь миниатюрными корабликами, Разетти растил в нем своих саламандр. Именно там они будут замедлять нейтроны.

22 октября вся группа переместилась к живописному бассейну, который стал в этот день предком наших водо-водяных реакторов. Столько раз повторенный опыт был еще раз поставлен в воде. И снова счетчики Гейгера сходили с ума. Вода также увеличивала степень введенной радиоактивности.

Вечером столь знаменательного дня вся группа собралась у Амальди, чтобы составить отчет о проделанном (в форме письма в редакцию журнала «Ричерка шьентифика»). Но предоставим слово Лауре Ферми: «Энрико диктовал, Эмилио записывал, а Джинестра потом должна была перепечатать на машинке. Все было организовано как нельзя проще. Но молодые люди высказывали свои соображения так громко, так горячо спорили, с таким шумом носились взад и вперед по комнате, а когда ушли, в доме Амальди такое творилось, что на следующий день служанка робко спросила Джинестру, с чего это они все так перепились?»

Опыты продолжались, расширялись, уточнялись. Было проведено облучение в воде множества элементов. Для каждого определили «коэффициент воздействия воды», ибо водяной экран увеличивал степень искусственной радиоактивности неодинаково для различных элементов. Изучали воздействие как холодной, так и горячей воды. Производили исследование новых удивительных физических тел — «медленных нейтронов». Уже в начале ноября гипотезы Ферми относительно замедления нейтронов в результате многочисленных столкновений с ядрами водорода в парафине или воде и относительно механизма проникновения замедленных таким образом нейтронов внутрь атомных ядер стали для всей римской группы очевидностью. Отныне ядерная физика будет развиваться, отталкиваясь от этих данных.

Лучшим доказательством этого положения является то, что с тех пор начали измерять эффективное сечение, которое занимало ядерную физику на протяжении чет-

верти столетия. Эта абстрактная величина характеризует воздействие одной элементарной частицы на другую или на атомное ядро. Она определяет вероятность попадания снаряда в мишень и, что на первый взгляд кажется очень странным, выражается в отрицательной мощности на квадратный сантиметр. Эту вероятность сводят до размеров площади — безусловно, абстрактной, которую должна иметь элементарная частица или атомное ядро, чтобы вероятность столкновения стала соответствовать наблюдаемой в ходе опытных измерений величине. Иначе говоря, явления ядерного притяжения или отталкивания сведены к геометрическим проблемам.

В отношении веществ, поглощающих замедленные нейтроны в больших количествах, было отмечено, что эффективное сечение атомных ядер намного выше, чем действительные геометрические размеры этих ядер. Замедленные нейтроны в буквальном смысле слова притягивались атомами таких элементов, в особенности бора и кадмия.

В итоге стала ясна не только роль замедлителей, но также и веществ, поглощающих нейтроны. Эти вещества составляют основную часть предохранительных стержней наших реакторов: они могут в любой момент прекратить их деятельность, «задушив» поток нейтронов. Иначе говоря, основы современной ядерной промышленности были заложены именно тогда.

Но молодые физики мало заботились о практическом применении своих открытий. Потребовалось вмешательство профессора Корбино, который раскрыл перед ними широкие промышленные горизонты. Однажды утром, зайдя навестить их, как он делал это часто, Корбино спросил о состоянии работ. «Сейчас готовим подробнейший доклад о всем комплексе опытов», — был ответ. Тут Корбино возмущился: «Да вы что, с ума сошли? Разве вы не отдаете себе отчета в том, какое применение могут получить ваши открытия?.. Методы получения искусственных радиоактивных элементов в любом количестве подлежат запатентовать, прежде чем публиковать их подробное описание».

Сначала Ферми и его друзья отвергали даже мысль о патентовании: «Мы теоретики, а не изобретатели». Они полагали, что настанет день, когда природные радиоактивные элементы, ныне столь дорогие, смогут быть за-

менены в физических лабораториях и в клиниках новыми искусственными радиоактивными веществами, но им и в голову не приходило, что когда-нибудь настанет день высвобождения энергии, дремлющей внутри атомных ядер.

Однако, в конце концов, они уступили Корбино: ведь он был одновременно и прямым начальником, и другом. Так была подана заявка, на основании которой 26 октября 1935 года им выдали итальянский патент № 324458.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ЕГО ВЕЛИЧЕСТВО УРАН

Уже в самой идее последовательно подвергнуть бомбардировке нейтронами все элементы периодической системы была заложена возможность высвобождения внутриядерной энергии: рано или поздно Ферми неизбежно доберется до последнего элемента в таблице Менделеева — 92-го, и такой физик, как он, не сможет не заметить, что под воздействием нейтронов уран реагирует необычно.

Что же установил Ферми, когда начал экспериментировать с элементом, сама природа которого уже ставила его в привилегированное положение (ведь это был элемент с самыми тяжелыми ядрами)? Весьма сложную бета-радиоактивность. 10 мая он констатировал, что один период ее полураспада равен 13 минутам, причем бета-излучение имеет весьма высокую проникаемость, другой период равен примерно одной минуте, тогда как «остальные периоды значительно продолжительнее». 12 июля он говорит уже о периодах полураспада 10 секунд, 40 секунд, 13 минут и склоняется к предположению, что один из периодов большей продолжительности равен примерно полутора часам.

Следовательно, в ходе бомбардировки было получено несколько искусственных радиоактивных элементов. Но каких?.. Ферми и д'Агостино предприняли продолжительные и скрупулезные химические анализы для определения этих элементов, однако, несмотря на все свое упорство, не смогли добиться конкретных результатов.

Им только удалось исключить из числа возможных некоторые элементы: так, они установили, что в ходе бомбардировки не возникают изотопы урана, поскольку при химической переработке радиоактивность не переходит в другие соединения с ураном. Убедительно было доказано, что получившиеся элементы не являются и изотопами тория (элемент 90). С меньшей уверенностью исследователи могли утверждать, что полученные элементы нельзя считать изотопами ни протактиния (элемент 91), ни актиния (элемент 89), ни радия (элемент 88), ни франция (элемент 87), ни даже радона (элемент 86). Тогда?..

Дело об „элементе 93“

До последнего времени добавление одного нейтрона приводило к созданию либо изотопа того же самого элемента, либо нового элемента в полном соответствии с теорией. Так почему надо предполагать, что с ураном дело обстоит иначе?

Поэтому исследователи пытались методом «увлечения» определить возникновение в уране изотопов элементов, соседствующих с ним в периодической системе. Но уран завершает таблицу Менделеева: нет ни одного элемента с большим, чем у него, атомным весом. Поэтому химический анализ может касаться лишь элементов, стоящих в периодической системе до урана. А пока что все попытки с этими элементами дают отрицательные результаты. И вдруг возникает гипотеза: почему не предположить, что в ходе опыта был создан новый элемент 93-й? Не существует ведь ограничений, которые мешали бы возникновению более тяжелых, чем уран, элементов.

Все выглядело строго логично: химические реакции не допускали возможности появления более легких, чем уран, элементов, «соседей слева»; следовательно, ответственность за радиоактивность лежит на «соседе справа», трансурановом элементе, о существовании которого до того времени и не подозревали.

Еще одно соображение говорило в пользу такого предположения: уран, подвергнутый бомбардировке нейтронами, проявлял вполне характерную отрицательную радиоактивность. А что могла означать такая потеря электронов?.. Только то, что один из нейтронов ядра те-

рял отрицательную частицу, делавшую его нейтральным, и превращался в положительную частицу — протон. Следовательно, ядро приобретало один дополнительный заряд. Короче говоря, излучение электронов позволяет предположить, что излучающий элемент перескакивает в клеточку периодической системы элементов с более высоким порядковым номером.

Если уран — элемент 92 — излучает электроны, то это означает, что он превращается в элемент 93, совершенно до того неизвестный. Поэтому первое сообщение, в котором Ферми говорит об опытах с ураном, он заканчивает словами: «Таков общий итог наших выводов, который мы постараемся подтвердить новыми опытами: возникла гипотеза, что радиоактивностью обладает элемент с порядковым номером 93 — высший гомолог рения» (Ферми тем самым напоминает о схожести химических свойств у элементов одной и той же группы периодической системы элементов Менделеева: рения, технеция, марганца).

Каким бы замечательным ни был метод увлечения, он обладает одним большим недостатком: не позволяет определить то, что исследуется, а дает возможность только проверять предположения. Ферми искал элементы, близкие к элементу 92. Он не мог определить, какие именно элементы периодической таблицы появились в уране, поскольку они находились далеко от урана, где-то в середине таблицы.

Здесь физики столкнулись с совершенно новым явлением. Раньше они не имели дела ни с чем, даже отдаленно похожим на него, и ничто не позволяло предположить существование явлений распада ядра на две половинки. Когда атом урана поглощает дополнительный нейтрон, он разлетается на два и более осколков, высвобождая энергию и нейтроны. Его ядро, обладающее огромной массой, раскалывается надвое, давая два ядра средней массы.

Если бы Ферми мог подозревать это, он попытался бы проверить наличие цезия или стронция методом «увлечения» и увидел бы, что именно эти два элемента — вместе с другими — действительно были причиной, вызвавшей появление искусственной радиоактивности. И большое число возникающих в данном случае радиоактивных элементов натолкнуло бы его на мысль, что рас-

щепление ядра происходит не по одному и тому же закону и что в результате взрыва всегда появляются случайные по размерам осколки. Но все дело было в том, что тогда Ферми не мог догадаться, что именно следует искать.

В сообщении от 10 мая он высказал гипотезу о создании элемента 93. Поэтому, произнося 4 июня речь на королевской сессии Академии «дей Линчей», сенатор Корбино затронул в ней блестящие результаты, достигнутые его институтом на протяжении предыдущих месяцев, и, вполне естественно, упомянул об этом новом элементе. Правда, он подчеркнул оговорки Ферми, желавшего дожидаться более конкретных экспериментальных подтверждений своей гипотезы, однако добавил, что по его, Корбино, мнению, «прогресс исследований», за которыми он следит изо дня в день, «позволяет прийти к заключению, что этот новый элемент уже получен».

Человек создает новый элемент — какая возвышенная тема! И какой прекрасный предлог для прославления фашистского строя его приспешниками! Одна газета писала: «В условиях фашизма Италия снова завоевала передовое положение во всех областях»; другая опубликовала статью под заголовком «Фашистские победы в области культуры». А какой-то листок дошел до того, что утверждал, будто Ферми преподнес флакон с элементом 93 королеве Италии!

Шумиха перекинулась и в международную печать. Весьма осторожная газета «Нью-Йорк таймс» опубликовала большую статью под заголовком «Итальянец, бомбардируя уран, получил элемент 93».

На этот раз была затронута научная добросовестность Ферми. После бессонной ночи он отправился к Корбино составить заявление для печати, которое должно было свести открытие до его действительных размеров. «Широкая общественность, — начиналось заявление, — придает в настоящее время неправильный смысл речи сенатора Корбино».

Однако в последующие годы Ферми утвердился в мысли, что он действительно создал новый элемент, и даже два новых элемента. Теория четко подсказывала ему механизм этой ядерной реакции: атом урана с атомным весом 238 поглощает нейтрон и превращается в изотоп уран-239, крайне нестабильный. Этот последний са-

молниеносно испускает электрон, что означает превращение одного нейтрона в протон: значит, изотоп урана с атомным весом 239 превратился в новый элемент с таким же атомным весом 239, но с 93 протонами вместо 92. Однако элемент 93, в свою очередь, тоже нестабилен и, испуская еще один электрон, превращается в новый элемент 94.

В декабре 1938 года Ферми, получая Нобелевскую премию, был все еще уверен, что ему удалось получить элементы 93 и 94 (хотя в то время в Берлине Ган и Штрассманн уже заканчивали опыты, доказавшие, что уран при бомбардировке нейтронами распадается на элементы с ядрами средней массы). Он рассказывал, что даже назвал эти элементы «аузений» и «гесперий».

Что означают эти названия? Оба они прославляют Италию. В древности термин «Аузенция» часто употреблялся для обозначения всех итальянских земель в целом, а античные греки называли Аппенинский полуостров Гесперией.

Может быть, кое-кто сейчас решит, что Ферми ошибся и упорствовал в своем заблуждении. Нет, он не ошибся. Он был абсолютно прав. Элементы 93 и 94 действительно существуют и действительно рождаются в результате бомбардировки урана нейтронами. Их назвали «нептуний» и «плутоний» по аналогии с планетами: ведь за орбитой Урана следует орбита Нептуна, а еще дальше от Солнца — орбита Плутона. Но по справедливости дать названия этим элементам должен был Ферми. Если он и не доказал их существования, то зато первый получил и, кроме того, теоретически обосновал их появление.

Ферми получил элементы 93 и 94 еще во время римских опытов 1934 года. Изотоп уран-238, значительно более распространенный в природе (99,3 процента природного урана), действительно захватывает нейтроны и превращается в элемент 93, а через него в элемент 94. И эти ядерные превращения действительно сопровождаются отрицательной радиоактивностью, которую наблюдал Ферми. Однако данное явление, происходящее с ураном-238, замаскировано более активным явлением расщепления, затрагивающим только изотоп уран-235.

Теоретически Ферми был прав. Он констатировал отрицательную радиоактивность, которая подтверждала

его теорию. Как мог он предположить, что другое явление, тем более явление, не имевшее прецедентов в физике, происходило дополнительно, затрагивая лишь изотоп, присутствующий в уране в весьма малых количествах?

Следовательно, ум великого физика вышел победителем из этой истории: он не все доказал, зато прекрасно понял сущность явления, реальность которого вскоре была доказана.

Мало кому известно, что в Германии Лиза Мейтнер и Отто Ган, сыгравшие впоследствии главную роль в доказательстве расщепления урана, долгое время были сторонниками гипотезы об элементе 93; повторив опыты римских физиков, они пришли к выводу об образовании трансурановых элементов и опубликовали свое мнение в журнале «Натурвиссеншафт».

Группа распадается...

Если попытаться оценить научную жатву нескольких месяцев, то урожай выглядит очень богатым. Но нельзя не опечалиться при изучении истории последующего периода. Слаженная группа постепенно распадается. Политические события, смерти, расистские законы, призывы из-за границы, а также обязанности, неизменно сопутствующие успеху, постепенно уничтожают чудодейственную атмосферу напряженной работы.

В конце 1935 года Эмилио Сегре сказал однажды Ферми, что его тревожит сокращение темпов открытий. Почему? (Сегодня мы можем отметить и чисто научные причины: исследования все явственнее клонились к попыткам идентификации таинственных элементов, появляющихся в уране. Но большую роль играли и психологические факторы, как в этом вскоре убедился Сегре.) Ферми загадочно ответил ему: «Ступай в библиотеку. Возьми большой атлас. Открой его. И ты поймешь».

Заинтригованный Сегре послушался совета и пошел в библиотеку. Там он заметил, что атлас сам собой открывался на карте Эфиопии. Сколько же физиков приходило сюда в последние недели, заинтересованные страной, где Италия пускалась в опасную авантюру?.. Как долго разглядывали они с тревогой эту карту?.. Да, Ферми был прав: умы всех были заняты другим. А вскоре положение стало еще хуже, поскольку Лига Наций проголосовала

вала за международные экономические санкции против Италии, что неизбежно должно было привести к политике автаркии и жесткой экономии в этой стране, а потом бросить ее в объятия немецкого нацизма.

А «маленькие физики» уже не были так молоды. Они все чаще задумывались над своим будущим. Вот почему Сегре, женившись, стал ходатайствовать о предоставлении ему кафедры. В 1936 году он был назначен профессором физики в Палермо, где почувствовал себя как в изгнании.

Еще летом 1935 года Разетти уехал в Соединенные Штаты Америки и провел там более года. Когда он вернулся в Италию, здесь уже не было прежней атмосферы. В особенности он сожалел об отсутствии своего друга Сегре и тайне стал лелеять мечту обосноваться в Соединенных Штатах.

А потом наступила драма Майораны. Этот физик, с невероятной легкостью паривший в самых высоких материях, был подлинным гением. Так уверяют все его друзья, и они имеют на это право. Разве не нацарапывал он на клочках бумаги те самые формулы, над которыми в это время раздумывал Гейзенберг, стремясь объяснить структуру атомных ядер? Но он всегда пренебрегал составлением сообщений для публикации в научных журналах. Ферми оказал ему самую высокую честь, неоднократно присоединяя его имя к имени великого немецкого физика: для Ферми «теория Гейзенберга» всегда была «теорией Гейзенберга и Майораны».

Обладая непостоянным характером, часто в мрачном настроении, Майорана работал в лабораториях только эпизодически. Вскоре он оказался замешанным в неприятном происшествии. Его дядя, которого Майорана очень любил, было предъявлено обвинение, будто он подговорил кормилицу съесть живым ребенка в колыбели. Этторе Майорана хотел спасти честь своей семьи: он организовал защиту, и, в конце концов, его дядя был оправдан. Но после этого физик стал жертвой неврастенического кризиса, из которого друзья долго не могли его вывести.

Наконец, он, по-видимому, выкарабкался из своего кризиса, подал ходатайство о назначении на кафедру и был направлен профессором физики в Неаполь. Увы, он оказался не в состоянии появиться перед своими студен-

тами. После нескольких лекций Майорана бежал, оставив письмо, в котором говорил о решении покончить с собой. Следы Майораны навсегда потерялись в Палермо, его родном городе.

И, наконец, в январе 1937 года скоропостижно скончался профессор Корбино. Сразу же было принято необычайно быстрое решение: вместо Корбино директором института физики назначался его враг, а также враг Ферми «г-н Норд» — отъявленный фашист.

Что касается Ферми, то он стал в какой-то мере жертвой собственного успеха. Ему пришлось несколько раз посетить Соединенные Штаты: в 1933, 1935, 1936 и 1937 годах. В 1934 году Ферми пригласили в Южную Америку. Он с огорчением видел, как распадается его замечательная группа. А сравнение с виденным в Соединенных Штатах делало атмосферу собственной страны, где тучи сгущались с каждым днем, все более и более невыносимой. Будущее Европы казалось Ферми крайне мрачным. Поэтому каждый раз, когда американские университеты предлагали ему перейти к ним на постоянную работу, ему приходилось долго бороться с собою, прежде чем отклонить такое предложение.

Но гитлеровское влияние в Италии становилось с каждым днем все заметнее. Ферми начинал серьезно призадумываться над возможностью эмиграции: ведь его жена происходила из еврейской семьи.

Наступило лето 1938 года. Лаура Ферми проводила август в Сан-Мартино-ди-Кастроцца, в Долomitовых Альпах, вместе с детьми: маленькой Неллой, родившейся 31 января 1931 года, и сыном Джулио, родившимся 16 февраля 1936 года и названным так в память о брате Энрико, который умер в пятнадцатилетнем возрасте. Она не читает газет, не включает радиоприемник. Потом к семье присоединяется сам Энрико. Он рассказывает о готовящихся антисемитских законах. В первых числах сентября эти законы провозглашены. Супруги Ферми быстро принимают решение: эмиграция. Так же решил и Сегре: уехав на лето в Соединенные Штаты, он не вернулся в Италию и обосновался в Беркли.

Энрико Ферми сразу же написал всем четырем американским университетам, которые в прошлом предлагали ему возглавить кафедру: в завуалированных выражениях он сообщал, что теперь согласится принять то

предложение, которое раньше ему делалось. Предосторожности ради он отправил эти письма из четырех различных городов.

Вскоре поступило пять предложений. Ферми решает принять предложение Колумбийского университета в Нью-Йорке и распускает слухи, что в начале 1939 года поедет в Соединенные Штаты, всего на полгода, вместе с семьей.

Нет, право, уже несколько лет в Италии не было атмосферы, благоприятной для творческого труда.

Триумф и изгнание

В октябре, участвуя в работе международного конгресса по атомной физике в Копенгагене, Ферми узнал, что ему отдано предпочтение среди других кандидатов на очередную Нобелевскую премию.

Подобного рода известие имеет огромнейшую важность для любого ученого. Для Ферми оно было еще более волнующим: если в декабре 1938 года ему придется поехать в Стокгольм получать Нобелевскую премию, он прямо оттуда отправится в Соединенные Штаты. Итак, дата отъезда приближается, впереди — тяжелые времена изгнания. Правда, круглая сумма в шведских кронах, присовокупляемая к диплому Нобелевской премии, должна в значительной степени облегчить переезд и устройство семьи на новом месте.

Текут тоскливые недели ожидания. Надо втайне подготавливаться к расставанию с милой Италией, к вечной разлуке с чудесным Римом. А премия важна и в другом аспекте: ведь ее сопровождает слава...

Утром 10 ноября супругов разбудил телефонный звонок. Голос неизвестной телефонистки сообщил: «Предупреждаю, в шесть часов вечера вас вызывает Стокгольм». Сомнений больше не было, это Нобелевская премия. Однако супруги Ферми все еще сомневаются. А Лаура замечает: неизвестно еще, надо ли радоваться, ведь Нобелевская премия — это быстрый отъезд. Премия означает, что они живут в Риме последние недели, что расставание наступит меньше чем через месяц.

Вечером, сидя в ожидании у телефонного аппарата, Ферми слушали приемник: радио исторгало целый поток расистских законов. Да, решение принято правильное:

надо уезжать. Если только до этого у евреев не будут отобраны паспорта, как только что объявило радио...

Наконец, позвонили из Стокгольма. Секретарь Шведской академии наук читает постановление: «...профессору Энрико Ферми из Рима, за открытие новых радиоактивных элементов, созданных путем бомбардировки нейтронами, и за открытие ядерных реакций, происходящих под воздействием медленных нейтронов».

И менее чем через четыре недели — отъезд. В конце концов все сошло удачно: полиция не отобрала паспорта у Лауры Ферми, врач посольства Соединенных Штатов все-таки согласился признать Неллу, несмотря на недостаточность зрения, пригодной к эмиграции в США. В обоих случаях сыграл роль престиж лауреата Нобелевской премии. Однако Нобелевская премия не освободила самого Ферми от испытания, которому подвергаются все, кто хочет обосноваться в Соединенных Штатах. Он должен был ответить на два вопроса по «высшей» математике: какая сумма получится в результате сложения 15 и 27 и сколько будет, если 29 разделить пополам.

Итальянские власти не знали, конечно, того, что было известно американскому посольству в Риме. В курсе дела были только несколько ближайших друзей, в том числе, естественно, Разетти и Амальди. Холодным утром 16 декабря они пришли попрощаться с семейством Ферми на платформу вокзала. Сердца у всех сжимались. Атмосфера стала еще более напряженной, когда Джинестра Амальди осмелилась вслух сказать то, что она думала: «Отъезд Ферми — измена по отношению к тем молодым физикам, которые пришли работать к нему, доверились ему в надежде, что он будет руководить ими и помогать им».

«Я надеюсь скоро встретиться с вами», — произнес глухим голосом Разетти. Действительно, он также строил планы отъезда и через несколько месяцев приехал в Монреаль, где возглавил кафедру в Макгилловском университете.

Через несколько минут скорый поезд уже уносил супругов Ферми вместе с детьми и даже с няней навстречу новой судьбе.

Вручение Нобелевской премии произошло по традиции 10 декабря. В тот 1938 год было присуждено всего

две премии — по литературе и по физике. Поэтому у Ферми оказался лишь один сосед по торжественным креслам на сцене, точнее, одна соседка, потому что в 1938 году премия по литературе была вручена замечательной и красивой Перл Бак.

Мы специально рассказали, как постепенно созревал план бегства Ферми в Америку, чтобы не оставить камня на камне от версии, по которой Ферми не рискнул вернуться в Италию из-за ожесточенной кампании итальянской прессы, осуждавшей Ферми за то, что при вручении ему Нобелевской премии он не приветствовал короля фашистским салютом.

Конечно, он не выбросил руку вперед, а вполне демократично пожал протянутую руку короля Густава V. Но надо сказать, что никто и не требовал от него фашистского приветствия. К тому же, разве не является правилом элементарной вежливости подчиняться обычаям той страны, где находишься?

И, несмотря на все эти соображения, газета «Лаворо фашиста» опубликовала смехотворную статью о «стеснении», которое испытал ее автор, увидев в кинохронике, как «по-буржуазному» вел себя великий физик при вручении ему Нобелевской премии. Правда, следует отметить, что в общем-то итальянская пресса уделила стокгольмской церемонии весьма мало внимания.

Но ведь Швеция была только этапом на пути в изгнание... Перевернулась еще одна страница биографии Ферми.

Великий момент истории

Как бороться с чувством меланхолии, возникающим при воспоминании о том, что было и чего уже нет, при воспоминании о чудесной жизни, о гармоничной и деятельной группе друзей? Ценность утерянного только увеличивалась от того, что оно существовало столь недолго. В Риме в период 1930—1935 годов свершалось одно из важнейших явлений истории науки, следовательно, и вообще истории: элита гениальных умов, объединившихся вокруг одного, господствовавшего, по их собственному мнению, над всеми ними, работала дружно и с энтузиазмом на девственном поле, собирая на нем несметные сокровища.

Война прошла, фашизм пал, жизнь продолжается... Но когда сегодня мы попытались отыскать следы тех чудесных лет, нам стало ясно, что Рим все забыл. Где Физический институт на улице Панисперна, длинной улице, которая тянется вверх и вниз между Эсквиллином и Виминалом, немного выше улицы Национале?.. Никто не знал. Даже имя Ферми не сказало ничего никому, кроме уличного сапожника, который, не переставая работать шилом, заметил: «А, Ферми... вспоминаю, он занимался электроникой».

Наконец, принявшись за исследование церковей, поскольку мы знали, что лаборатории примыкали к церковной стене (а их столько на улице Панисперна!), мы нашли в церкви Сан-Лоренцо одного капуцина, который кое-что знал. Он показал мне ризницу, недавно отремонтированную по его приказу: «Видите, плиты пола проедены кислотой. Здесь работали химики. Физики занимали верхние этажи, теперь там Министерство внутренних дел. Нет, здесь вы не пройдете: вход только с улицы Национале».

Я сделал крюк и вышел на улицу Национале. Но в холле огромного здания Министерства внутренних дел я отказался от своих планов... Кто взялся бы сопроводить меня по комнатам, в которых человек сделал свои первые шаги в мир атомного ядра, и которые были захвачены сегодня миром бумажной канцелярщины?

Я не увижу прелестного сада, где золотые рыбки первыми познакомились с замедленными нейтронами. Может быть, это к лучшему: неувиденный сад останется для меня более чарующим.

А ведь Рим должен повесить мемориальные доски там, где работал один из величайших гениев, подаренных человечеству этим городом...

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

В НОВОМ СВЕТЕ

По всей Европе в лабораториях ставились эксперименты для разъяснения сущности «опыта Ферми»: какие же элементы появляются в уране?

Немецкий химик Ноддак критиковала выводы Ферми и еще в 1934 году высказала гипотезу, что это элементы с более легкими, чем у урана, атомными ядрами. Однако никто не поддержал ее.

Решительный шаг был сделан в Париже в 1938 году: Ирен Жолио-Кюри и П. Савич, возвращаясь к мыслям Ноддак, доказали, что полученные в уране элементы отвечают свойствам редкоземельных элементов; следовательно, в уране возникали атомы элементов со средним по тяжести атомным ядром.

Вскоре после этого Фредерик Жолио встретил на химическом конгрессе в Риме Отто Гана, который работал над этой же проблемой. Ган сказал ему: «Я очень восхищен вашей женой и очень дружелюбно отношусь к ней. И все же я решил повторить ее опыты и надеюсь в скором времени доказать, что она ошиблась».

В декабре Ган доказал, что Ирен Жолио... права. Вместе с Фрицем Штрассманном он открыл в Берлинском институте имени кайзера Вильгельма, что радиоактивными продуктами распада урана являются барий (элемент 56) и молибден (элемент 42). Это сенсационное сообщение опубликовали 6 января 1939 года.

Но Ган и Штрассманн были только химиками и занимались чисто химическим анализом элементов. Они просто констатировали присутствие такого-то и такого-то элементов. Подлинное значение этого явления, его физический смысл вскрыл француз Фредерик Жолио.

Напрасно спорить здесь, кто был первым, — так быстро одни события следовали за другими, переплетаясь между собою. Теперь, когда физики подобрали ключ к разгадке, открытия могут следовать быстрее.

Нет сомнений, Жолио в данном вопросе несколько опередил остальных, но так мало, что это почти не играет роли. Статья Гана и Штрассманна поступила в его лабораторию 16 января. Так, Ирен права... Горькая моральная победа.

Ум Фредерика Жолио тотчас усиленно заработал над разгадкой сущности нового явления. Для него было ясно, что в ходе реакции выделяется энергия. Он даже подсчитал энергетический баланс этой ядерной реакции: при распаде каждого атома выделяется 200 миллионов электронвольт. И тогда он задумывает один из самых

остроумных и самых наглядных опытов, какие знала физика.

Если атомное ядро распадается, то его обломки должны быть отброшены на «огромные» расстояния. Три миллиметра — это действительно огромное расстояние для атомных исследований. Речь шла о том, чтобы подобрать разбросанные осколки распада.

В маленьком цилиндре, наружная поверхность которого была покрыта окисью урана, поместили источник нейтронов. Цилиндр в свою очередь вставили в другой, бакелитовый, большего диаметра. Расстояние между их поверхностями — три миллиметра. Вот и все.

Уран бомбардируется нейтронами, замедленными металлом первого цилиндра. Если отдельные атомы урана взрываются, они должны отбрасывать осколки взрыва на внутреннюю поверхность бакелитового цилиндра. Там они могут быть обнаружены благодаря своей радиоактивности. Если гипотеза взрыва не соответствует действительности, на внутренней поверхности бакелитового цилиндра не окажется ничего.

Но Жолио убедился, что бакелитовый цилиндр приобрел радиоактивность... Какие элементы были ее источником?.. На этот раз метод «увлечения» сможет дать ответ, ибо теперь для «увлечения» будут использоваться элементы с массой ядра средней тяжести. Жолио особенно рассчитывал найти барий — элемент 56. И действительно, часть радиоактивности перешла вместе с барием в новые химические соединения. Но отличный опыт предполагает постановку его и от противного. Жолио повторяет опыт, покрывая внешнюю оболочку внутреннего цилиндра не окисью урана, а окисью бария. И бакелитовый цилиндр не обнаруживает признаков радиоактивности. Попытки найти на нем барий безуспешны. Таким образом, барий не выбрасывает ядер атомов бария, тогда как уран выбрасывает ядра атомов бария, и на значительное расстояние.

Да, три миллиметра — огромное расстояние для атомного мира. Если сопоставить это расстояние в пределах микромира с масштабом земного шара, то оно равносильно отбрасыванию осколков нашей планеты в случае ее взрыва на расстояние 400 миллионов миллиардов километров, что составляет половину диаметра нашей Галактики.

Европа подает мяч...

Покинув Швецию, супруги Ферми остановились в Копенгагене, где Энрико подолгу беседовал с Нильсом Бором. Оттуда они выехали в Саутгемптон, чтобы там сесть на теплоход «Франкония». К великой радости детей, и рождество, и новогодний праздник они встретили в море, на корабле. Наконец, 2 января 1939 года, глядя на нью-йоркские небоскребы, довольный и улыбающийся Энрико смог сказать жене: «Ну вот, мы с тобой и основали американскую ветвь семьи Ферми».

Куда же направит свои стопы этот новый Колумб, высаживающийся в Новом свете, чтобы вскоре открыть там новый физический мир? Он направляется... в Колумбийский университет.

Величественные здания этого университета возвышаются на северо-западном берегу Манхэттена, над Гудзоном. Университетский комплекс сливается с общим обликом города. Однако эта группа из десятка зданий, расположенных между 110-й и 115-й улицами, представляет самостоятельное «селение», в котором живет большинство лиц, имеющих отношение к университету, как и множество других подобных селений в Нью-Йорке. Сначала семья Ферми остановилась в отеле, потом в меблированных комнатах на Риверсайд-драйв — шоссе, которое идет вдоль берега одной из самых прекрасных рек в мире, отделенное от нее лишь стеной великолепных деревьев.

Энрико, который уже несколько раз бывал в Соединенных Штатах, быстро «американизируется» благодаря контакту со своими коллегами и студентами. Он крепко сдружился с молодым физиком Гербертом Андерсоном, готовившим под его руководством свою докторскую диссертацию. Андерсон стал его ближайшим другом и оставался им до самой смерти Ферми; он усердно обучает своего ментора всему, что касается американской жизни.

А Лаура говорила только по-итальянски с няней и... с мальчишками из бакалейных лавочек квартала. Она еще больше отдалилась от города, когда летом, незадолго до начала второй мировой войны, семейство обосновалось в собственном домике, «бунгало», в Леонии — маленьком дачном городке на реке Гудзон, напротив Луна-

парка. Ночью в окнах их дома отражались огни парка за широкой черной полосой реки.

Ферми выбрал Колумбийский университет именно потому, что и он сам, и его друзья уже бывали здесь. Потому, что декан физического факультета профессор Пеграм всегда громко восхищался работами римской группы. Потому, что одной из основных тем, которыми занимался Колумбийский университет, была тема, связанная с нейтронами. Ферми рассчитывал, что сможет возобновить здесь — и даже с большими материальными возможностями — прерванные работы. Поэтому, едва обосновавшись в Колумбийском университете, он попытался сколотить рабочую группу. Первым ее членом стал Герберт Андерсон.

Все же приходится признать, что обстоятельства держали Ферми несколько в стороне, пока новая физика делала решающий шаг. Лето и осень в Риме, подернутые печалью из-за распада его группы, протекали в тоске от мыслей о близкой эмиграции, потом — триумфальная поездка в изгнание, а теперь — хлопоты на новом месте, в Соединенных Штатах. Безусловно, на несколько месяцев он выбыл из соревнования, а другие в эти же самые месяцы работали. И Ферми не терпелось заняться своими делами.

Всего две недели протекло с того времени, как семья Ферми обосновалась на новом месте, а он уже вернулся к исследованиям явлений, которыми столько занимался ранее: узнав, как другие европейские ученые распутали сложный клубок данных о радиоактивных продуктах, получающихся в результате бомбардировки урана, Ферми опять стал разрабатывать теорию ядерной реакции.

Ровно две недели спустя после прибытия на «Франконию» он — снова на пристани для трансатлантических лайнеров, встречает новый корабль: 16 января Нильс Бор прибыл в Соединенные Штаты, чтобы провести несколько месяцев в Принстонском институте перспективных исследований вместе с Эйнштейном.

Бора занимали прежде всего два вопроса: война, вот-вот готовая разразиться в Европе, и результаты недавно поставленных опытов, свежие данные о которых он имел из первых рук.

Дело в том, что Ган и Штрассманн, которые 6 января опубликовали результаты своих химических анализов,

доказавших превращение урана под воздействием нейтронов в элементы со средним атомным весом, работали сначала вместе с замечательным австрийским физиком Лизой Мейтнер, которую расистские законы принудили покинуть Германию. Оба немецких химика дали своей бывшей сотруднице, обосновавшейся в Стокгольме, самые точные сведения о поставленных ими опытах.

Едва познакомившись с этими данными, Лиза Мейтнер сразу же отправилась в Копенгаген, чтобы обсудить их вместе со своим племянником Отто Фришем; Фриш — немецкий физик — тоже бежал из Германии. Он был женат на дочери Нильса Бора. Лиза Мейтнер, Отто Фриш и Нильс Бор, размышляя над новым явлением, высказали предположение, что расщепление ядра урана должно сопровождаться выделением огромного количества энергии. Они разработали основную схему опыта, который должен был подтвердить выделение большого количества энергии. После этого Бор сел на пароход.

По прибытии в Нью-Йорк, где его встречал Ферми, Бор нашел телеграмму. Опыт удался. В тот самый день, 16 января, когда Жолио прочитал сообщение Гана и Штрассманна, Лиза Мейтнер и Отто Фриш послали в редакцию английского журнала «Нейчур» одно из тех «писем главному редактору», которые служат трибуной для ученых всего мира.

В этом письме они дали наброски физической теории того явления, которое с химической стороны констатировали Ган и Штрассманн: атом урана, самый тяжелый из всех существующих, не может захватить нейтрон без того, чтобы этот нейтрон не нарушил внутреннего равновесия атомного ядра. И ядро делится на два других. В этом письме впервые употреблено слово «расщепление», заимствованное из биологии клеток, слово, которое вскоре заставит дрожать весь мир.

Для популярного объяснения этого ядерного явления часто употребляется сравнение с каплей воды. Каплю постоянно питает источник воды. Она набухает, набухает, пока не наступает такой момент, когда силы капиллярного натяжения не могут больше сохранять монолитность этой капли. И что же тогда происходит? Она распадается на две.

И поскольку для того, чтобы поддерживать монолитность двух средних ядер, необходимо меньше энергии,

чем для сохранения внутриатомных связей тяжелого, вот-вот готового расщепиться ядра урана, происходит высвобождение энергии. Но эта энергия будет представлять только часть той — еще непонятной — энергии, которая обеспечивает взаимосвязь между отдельными частицами, составляющими атомное ядро.

Ферми предположил, что расщепление должно сопровождаться значительным излучением, которое будет ионизировать окружающий воздух, и очень быстро доказал правильность этого предположения. Но еще до получения окончательных результатов ему пришлось выехать в Вашингтон на конференцию по теоретической физике, конференцию, которая и была причиной прибытия Нильса Бора.

Уже три другие лаборатории проводили исследования в том же направлении: вашингтонский институт Карнеги, балтиморский университет Джона Гопкинса и лаборатория в Беркли. Все три подтверждали датский опыт Лизы Мейтнер и Отто Фриша. Однако эти работы были намного менее убедительны, чем опыты Жолио, который в конце января вещественно доказал наличие осколков расщепленного ядра урана на расстоянии трех миллиметров от места расщепления. Это было первое доказательство существования ядерного взрыва.

...и Америка подхватывает его

В Колумбийском университете Энрико Ферми расширил свою новую группу, центром которой был Герберт Андерсон. Вместе с ним работали Лео Сциллард, венгерский еврей, также вынужденный эмигрировать, и канадец Уолтер Цинн, профессор «Сити колледж». Это основные участники исторических работ над ураном. Они уже не покинут друг друга до окончательной победы.

Во время разговора между Бором и Андерсоном (Бор пришел навестить Ферми, но застал не его, а Андерсона) родилась идея попытаться использовать циклотрон Колумбийского университета для получения пучка нейтронов. Ферми соблазнился перспективой «поиграть» с ускорителем частиц, работать с которым ранее ему не приходилось. На совещании физиков в Колумбийском университете была намечена программа опытов, к осу-

шествлению которой привлекли и Джона Даунинга. Да, и в Соединенных Штатах Ферми не может оставаться только физиком-теоретиком. Выйдя с этого совещания, он снова стал экспериментатором.

Здесь нам следует немного обрисовать тогдашнюю обстановку. Сделаем это словами Ферми, который объяснял своей жене, почему сущность данного явления не была открыта еще в Риме: «В Риме из-за недостатка воображения мы не могли представить, что процесс ядерных превращений урана отличается от процесса, который происходил с другими элементами; мы пытались идентифицировать продукты ядерного распада урана, предполагая, что это элементы, близкие к урану по периодической таблице. К тому же мы не были достаточно хорошими химиками, чтобы суметь отделить один от другого получающиеся элементы. Мы думали, что их около четырех, тогда как на самом деле их число приближается к пятидесяти».

Однако теперь ум Ферми может оттолкнуться от новой, прочной исходной позиции и понять явление, которое снова и снова привлекало его внимание на протяжении стольких месяцев. Посмотрим, что пишет его друг Эмилио Сегре о роли Ферми в этот период:

«Ферми был тогда, бесспорно, самым видным специалистом по нейтронам. Интуитивное чутье, подсказывавшее ему законы поведения нейтронов, напоминает чутье эксперта по радиоприемникам, угадывающего направление электрического тока в схеме. Чтобы предвидеть результаты опыта, Ферми не нужны были расчеты, но, такова уж была его натура, после каждого опыта он занимался многочисленными и подробными математическими выкладками, которые сохранял и всегда держал в строжайшем порядке. Таким образом, он создал и продолжал непрестанно увеличивать сокровищницу сведений, своеобразную смесь теоретических расчетов и экспериментальных результатов, представляющую для него единственную, но эффективную опору для новых работ. Он называл свои записи «искусственной памятью». Первоначально эта «память» представляла собою пухлое досье; постепенно она разрасталась и стала занимать стол, а в конце концов — целую комнату».

Едва механизм расщепления стал известен, как ум Ферми глубоко проник в него и отгадал его возможные

последствия. А главным последствием было то, что нейтрон, вызвав расщепление атома урана, порождает тем самым новые нейтроны. Один нейтрон — новые нейтроны. Это простое сопоставление несет в себе огромную взрывную силу — взрывную силу бомбы. В достаточно кучной компактной массе урана процесс может происходить самопроизвольно, ибо распад одного атома порождает нейтроны, которые вызывают в свою очередь расщепление новых атомов и т. д.: получается цепная реакция.

Но послушаем снова самого Энрико Ферми, который так объясняет процесс расщепления своей жене:

«Чтобы вызвать расщепление атома урана, нужен всего один нейтрон. Допустим, что моя гипотеза правильна и атом урана при расщеплении выделяет два нейтрона. Таким образом, мы получаем, не производя их, два свободных нейтрона. Возможно, они попадут в два других атома урана, расщепят их, и те выделяют каждый по два новых нейтрона. На этом этапе мы получим четыре нейтрона, которые вызовут расщепление четырех атомов урана. Еще шаг — мы уже будем иметь восемь нейтронов. Короче говоря, отталкиваясь всего лишь от нескольких произведенных нами нейтронов, с помощью которых мы бомбардируем определенное количество урана, можно вызвать целый ряд реакций, которые будут продолжаться самопроизвольно...»

Нейтроны, которые нам даны

Подчеркнув удивительный инстинкт Ферми во всем, что касается ядерных явлений, мы хотим сказать, что в этом конкретном случае его предсказание не носило никакого «волшебного» характера. То, что сегодня знает относительно строения атомного ядра любой студент-физик, тогда занимало умы всех ученых, мало-мальски специализировавшихся на атомной физике: в атомных ядрах число нейтронов растет быстрее числа протонов.

Число протонов возрастает от 1 (водород) до 92 (уран), определяя порядковый номер элемента в периодической системе элементов Менделеева и число положительных зарядов атомного ядра. Однако число нуклонов, т. е. протонов и нейтронов, определяющее не заряд атомного ядра, а его массу, возрастает значительно бы-

стрее: от 1 (водород) до 238 (уран). Это означает, что число нейтронов растет быстрее по мере увеличения протонов.

Можно наблюдать неуклонную прогрессию в количестве нейтронов на один протон, необходимом для стабильности атомного ядра: водород — ноль нейтронов на один протон; гелий — два нейтрона на два протона; алюминий — 14 нейтронов на 13 протонов, соотношение 1,08; серебро — 60 нейтронов на 47 протонов, соотношение 1,29; йод — 74 нейтрона на 53 протона, соотношение 1,39; свинец — 126 нейтронов на 82 протона, соотношение 1,41; уран — 146 нейтронов на 92 протона, соотношение 1,478.

Становится ясно, что, если самый тяжелый атом расщепляется на два атома, средних по тяжести, получают лишние нейтроны. Сколько же точно? Это трудно определить, ибо атом урана раскалывается по-разному. «Коэффициент воспроизводства» нейтронов, знаменитый коэффициент K , долгое время был одним из самых тщательно охраняемых военных секретов. Раньше думали, что он примерно равен трем (т. е. три вторичных нейтрона на один первичный, вызвавший расщепление атома урана); однако теперь известно, что он в среднем равен 2,5. Этот ядерный механизм столь очевиден, что не следует искать, кто именно — Ферми в Соединенных Штатах или Жолио во Франции — его сформулировал.

Что касается экспериментального подтверждения теории, то оно было получено одновременно в апреле 1939 года по обе стороны Атлантического океана. Это могло означать осуществление в скором времени предсказания Жолио-Кюри, сделанного им в 1935 году в речи по случаю получения Нобелевской премии. Напомнив о своем открытии искусственных радиоактивных элементов, он пришел к выводу: «Исследователи, которые создают или разрушают элементы по своему желанию, сумеют добиться превращений, имеющих характер взрыва, добиться настоящих цепных реакций. Если осуществить подобные превращения, то удастся высвободить огромное количество энергии, которую можно будет использовать».

Но еще до того, как в журнале «Физикл ревью» за апрель 1939 года появилось сообщение, подтверждающее воспроизводство нейтронов, 16 марта произошло событие, которое тогда осталось незамеченным, но имело огромное значение.

Речь идет о письме, копия которого значительно позднее была найдена в бумагах Ферми. Это письмо декан физического факультета Колумбийского университета профессор Пеграм направил начальнику Управления морских операций Военно-морского министерства США адмиралу Хуперу, чтобы поставить его в известность относительно важности работ Ферми с военной точки зрения:

«...Опыты, осуществленные в моих лабораториях, показали, что существуют условия, при которых уран способен высвободить энергию своих атомов. Поэтому можно предвидеть возможность использования его в качестве взрывчатого вещества, которое высвободит в миллион раз больше энергии, чем любое другое известное до сих пор... Вот почему я звонил сегодня утром, чтобы выяснить, каким путем можно будет сообщить результаты опытов соответствующим управлениям Военно-морского министерства Соединенных Штатов...»

Профессор Ферми, который вместе с доктором Сциллардом, доктором Цинном, господином Андерсоном и некоторыми другими работал у меня над этой проблемой, должен выступить сегодня вечером с лекцией в Вашингтоне и проведет там завтра целый день. Он позвонит вам и, если вы захотите увидеться с ним, будет счастлив сообщить свое мнение по этому вопросу...».

Видел ли Ферми на следующий день адмирала Хупера, не играет существенной роли; при всех обстоятельствах эта встреча не могла привести к конкретным решениям. Важна лишь дата письма — 16 марта, как раз два месяца спустя после прибытия Бора в Нью-Йорк, когда он рассказал о великом открытии.

Какая дорога пройдена за эти два месяца, правда, еще не практически, но мысленно! Выработано теоретическое представление о возможности взрывного освобождения внутриядерной энергии. Физики самостоятельно устанавливают контакты с военными и вскоре станут сильно страдать от навязанного этими военными принципа секретности. Во всяком случае мы понимаем, почему начиная с весны 1939 года сведения становятся весьма расплывчатыми.

Сегре, которому довелось в это время встретиться в Калифорнии своего друга Ферми, пишет: «Я работал вместе с ним, но требования секретности в наше несчастное

время мешали свободному обмену мыслями». Со своей стороны, Лаура Ферми рассказывает, как с этого времени и до конца войны она училась не спрашивать мужа о его работе, о его все более и более частых отлучках...

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

СОЛНЦЕ АУСТЕРЛИЦА

2 августа 1939 года. Война близка, это понятно многим. Три европейских физика, нашедших убежище в Соединенных Штатах Америки, наносят визит Эйнштейну. (Он, тоже эмигрант, живет в Нассау Пойнте, близ Принстона.) Это Лео Сциллард, Эйген Вигнер, Эдвард Теллер — все беженцы из Венгрии. Они рассказывают о результатах работ Колумбийского университета над ураном и просят этого знаменитого ученого поставить Рузвельта в известность о тех революционных перспективах, которые открываются перед наукой и техникой. Они привезли с собой проект письма. Эйнштейн одобряет его, кое-что подправляет:

«Недавние работы Э. Ферми и Л. Сцилларда, с результатами которых я ознакомился в рукописи, приводят меня к мысли, что элемент уран в ближайшем будущем сможет...»

Это письмо, подписанное Эйнштейном, дойдет до Рузвельта. Он прочтет его и узнает о готовящейся технической революции, о том, что «возможно создание бомб совершенно нового типа, бомб величайшей мощности».

Друг Сцилларда, экономист Александр Закс, взялся передать письмо Рузвельту. Последний сразу принимает решение о создании Консультативного комитета по урану.

Сегодня может показаться странным, что физики так активно обращали на себя внимание политических и военных деятелей, обещая, что в их лабораторных ванночках родится чудовищное взрывчатое вещество. Но если вспомнить, что открытие расщепления урана пришло из Германии, что с января 1939 года ни Ган, ни другие немецкие ученые, работавшие в этом направлении, не опубликовали ровно ничего о своих работах, все станет на

свои места. Разве это молчание не могло означать: в наших работах достигнут столь большой прогресс, что мы вынуждены хранить их в секрете? Может быть, Германия уже занялась созданием атомной бомбы... Именно в этом хотели убедить руководителей Соединенных Штатов те, кто чувствовал, что на них, ученых, лежит огромная ответственность.

И удивляться тому, что в нацеливании науки на разрушение особенно отличились именно европейские ученые, значит забыть о господствовавшем в те времена фашизме: многие европейцы только недавно бежали из своих стран и думали лишь о том, как бы покончить с царившим там строем.

Но реакция быстро затухает

А что между тем делалось в лабораториях? Там все больше воцарялся пессимизм: действительно, при расщеплении урана получались свободные нейтроны, но далеко не все они поражали новые атомы урана; наибольшая часть нейтронов поглощалась водой, необходимой для их замедления. Действительно, атомы водорода довольно легко захватывают нейтроны, превращаясь в атомы дейтерия — «тяжелого водорода». Равным образом значительное число нейтронов поглощалось присутствующими посторонними частицами (грязью в воде да и самой ванночкой, в которую была налита вода и куда погружался уран).

Оказалось, что дело не только в том, чтобы с помощью ста тысяч нейтронов получить двести или триста тысяч новых нейтронов; нужно было, чтобы эти новые нейтроны также попали в предназначенные для них цели. А опыт показал, что большинство нейтронов исчезает, не породив новых нейтронов. Короче говоря, оказалось невозможным вызвать самопроизвольное умножение нейтронов, следовательно, и самопроизвольные расщепления.

Сравнение из области демографии может наглядно показать сущность проблемы. Предположим, что существует народ, где большинство умирает, не оставив после себя потомства. Численность такого народа быстро сократится. Если каждые сто человек имеют 80, 90 или 99 детей, сокращение численности населения происходит

медленнее, но все же оно неизбежно. Процесс станет обратным, если у каждого человека появится по два-три ребенка или даже всего 101 ребенок на сто жигелей. Каждое следующее поколение будет более многочисленным, и общая численность населения увеличится.

Как во Франции, так и в Соединенных Штатах в первые месяцы 1939 года физики были разочарованы, ибо получить все растущее количество нейтронов оказалось невозможным: оно, наоборот, быстро уменьшалось. Однако во Франции группа Жолио—Коварски—Халбан—Перрен пришла к выводу о необходимости использовать в качестве замедлителя нейтронов тяжелую воду.

Доводы были просты. Атомы водорода имеют склонность к превращению в атомы дейтерия, захватывая по одному нейтрону; если использовать в качестве замедлителя вместо простой воды так называемую тяжелую воду, нейтроны не будут ею захватываться*.

Французская группа приняла решение использовать тяжелую воду для создания проектировавшегося ею «генератора». Но в это время была объявлена война. Жолио доказал министру вооружения, что Франции необходимо закупить в Норвегии, где находился единственный завод по изготовлению тяжелой воды, всю имеющуюся в наличии готовую продукцию — как для того, чтобы успешно проводить собственные опыты, так и для того, чтобы помешать в этом Германии.

В итоге Франция стала обладательницей мировых запасов тяжелой воды — двадцати шести пятилитровых канистр. Позднее, во время разгрома Франции, тяжелая вода была перевезена в Англию Халбаном и Коварски. Затем ее переправили в Канаду и использовали для создания первого реактора в Чолк-Ривере, строительство которого было развернуто во время войны.

Но группа Ферми в Соединенных Штатах решила иным способом бороться с поглощением нейтронов замедлителем. Поскольку вода, даже максимально очищенная от посторонних примесей, чтобы они не поглощали нейтронов, все-таки оказалась непригодной в качестве замедлителя, было намечено использовать графит. Бе-

* Вообще-то атомы дейтерия могут захватывать еще один нейтрон и превращаться в атомы трития, но такая вероятность весьма невелика.

зусловно, атомы углерода в двенадцать раз тяжелее атомов водорода. Но не следует забывать, что водород использовался в виде воды, а атомы кислорода в шестьдесят два раза тяжелее атомов водорода. «Средняя» масса атомов воды равна, следовательно, 6:

$$(2 + 16) : 3 = 6.$$

Это значит, что в среднем атомы углерода только в два раза тяжелее атомов воды, но они обладают огромным преимуществом: совершенно не поглощают нейтронов.

Мне могут возразить: ведь в современных реакторах вода используется в качестве замедлителя. Да, это возможно, но только тогда, когда ядерным горючим служит уран, обогащенный изотопом уран-235. В 1939 году физики этого еще не знали.

Когда физик становится инженером

Но где найти достаточно чистый графит? Промышленность никогда не испытывала потребности в нем, а изготовление такого продукта выходило за рамки лабораторных возможностей. Причем графита требовалось огромное количество. Уже одно это может дать представление о том, сколько сложнейших и разнообразнейших технологических проблем возникло в связи с производством атомной энергии, к тому же еще до ее рождения. Группа Жолио ощущала потребность в тяжелой воде, а ее производил один-единственный завод, и «мировые» запасы ограничивались 130 литрами. Группа Ферми нуждалась в особо чистом графите, а такого вообще не существовало. Так что желавшие добиться цели должны были приняться за разработку технологии производства графита и практически осуществить ее. Следовательно, с самого начала для новой техники потребовались весьма редкие и дорогостоящие материалы. И это вполне объяснимо с философской точки зрения. До сих пор человек вращался в мире, состоящем из молекул и даже очень крупных молекул веществ; теперь он проникает в совершенно новый мир, мир атомных ядер и даже их составляющих. Так разве не вполне нормально, что он не может использовать существующие материалы, что он вынужден создавать материалы с характеристиками, не имеющими ничего общего с теми, которые требовала

ранее, так сказать, «макроскопическая» промышленность?

Новые материалы нужны были в очень больших количествах. Даже для лабораторных опытов. Основным препятствием, на которое наталкивались физики, искавшие по обе стороны Атлантического океана возможности получить цепную реакцию, было то, что развязывание этого явления требовало внушительных, даже весьма внушительных по размерам установок. Здесь уже не было и речи о маленьких, как в прошлом, приборах. Теперь опыты приходилось ставить на установках размером с солидное промышленное предприятие, не отказываясь от точности, свойственной физической лаборатории.

Стало постепенно выявляться понятие «критической массы» для урана. Пока физики работали с незначительными количествами этого элемента в масштабе пробирки — а они имеют такую привычку, — нельзя было добиться увеличения роста числа вторичных нейтронов по схеме, столь легко сложившейся в человеческом уме.

Это объясняется следующим. Если размеры куска урана невелики, значит, большинство нейтронов, рожденных в ходе взрыва отдельных ядер, вырывается из куска металла и поэтому никогда не сможет участвовать в дальнейшей ядерной реакции. Чтобы добиться самоподдерживающегося процесса цепной реакции, нейтроны должны пройти сквозь довольно значительную толщину вещества и успеть столкнуться с атомными ядрами до того, как они выскочат за пределы куска металла. Если масса вещества велика, возникшие нейтроны практически не смогут вырваться на свободу. Отсюда ясно, что физик должен манипулировать с весьма большим количеством урана.

Но проблема во многом осложнялась необходимостью использовать замедлитель нейтронов: уран должен перемешаться с замедлителем, причем геометрия их взаимосвязи оставалась еще невыясненной. Следовательно, подсчет нейтронов, которые дадут «потомство», представлял тонкую и сложную операцию. И поскольку плотность урановой массы после ее смешения с замедлителем должна была уменьшиться, приходилось предполагать дальнейшее увеличение размеров установки.

Ферми быстро это понял. Столь же быстро он понял, что проблема сырья, технологии и финансов намного

превышала возможности даже самой богатой лаборатории. Безусловно, Ферми, приступая к решению проблем цепной реакции, понимал, что ему будут необходимы большие средства. Однако он не предполагал, что потребности будут так велики. И если бы тем временем письмо Эйнштейна Рузвельту не дало своих результатов, если бы в Европе не разразилась война, Ферми, может быть, так никогда и не получил бы необходимых средств. Еще вероятнее, он никогда бы не смог добиться их, если бы не весьма действенные шаги Сцилларда, который всюду имел связи и превосходно умел «плавать» в политическом и административном болоте.

Ведь это Сциллард организовал встречу с Эйнштейном и просил его предупредить Рузвельта; это он добился от армии и флота, подталкиваемых Белым домом, крупных субсидий для финансирования работ, предпринятых Колумбийским университетом.

Эти субсидии позволили заказать несколько тонн графита, который был получен весной. Физики сложили черные бруски в виде высокой башни, в основании которой поместили источник нейтронов. Надо было изучать, систематически изучать поведение атомов углерода под воздействием нейтронов и влияние содержащихся в графите посторонних примесей.

28 апреля 1940 года собрался Консультативный комитет по урану; его единственным решением было ожидать результатов запланированных методических исследований. Как ведет себя уран, если бомбардировке потоком нейтронов подвергаются уже значительные количества этого металла? Для решения проблемы надлежало разработать кривые поглощения нейтронов и эмиссии вторичных нейтронов.

Наконец, приступили к решительной стадии опыта: уран был смешан с графитом.

„Стена угля...“

К сожалению, получить металлический уран в достаточном количестве еще нельзя было, и опыт пришлось ставить с окисью урана, пылеобразным веществом, набитым в алюминиевые коробки. Коробки поместили между брусками графита и начали регулярно изучать поведение этой системы в пучке нейтронов. Прежде всего

стало ясно, что размеры системы надо увеличить: огромное большинство вторичных нейтронов по-прежнему покидало систему, не вызвав реакции расщепления.

Наконец, в середине ноября компании «Вестингауз энд маньюфакчуриг» и «Метал гибрид» поставили университету несколько тонн хорошо очищенного от посторонних примесей металлического урана. Отдача была значительно улучшена, но не совсем: теперь помехой стал недостаточно высокий потолок лаборатории. Герберт Андерсон заметался по Нью-Йорку в поисках более просторного помещения...

События в Европе бурно развивались. Америка следила за ними с таким вниманием, словно предчувствовала, что в ближайшем времени эти события коснутся самым непосредственным образом и ее. В клубе преподавателей Колумбийского университета организовалось «Общество пророков». Ежемесячно во время завтрака его члены должны были отвечать «да» или «нет» на вопросы, касающиеся дальнейшего хода войны на протяжении грядущего месяца.

Ферми, как правило, выходил победителем из этих соревнований. Когда «Общество» было распущено, произвели общий подсчет пророчеств. И «папа римский» был провозглашен «пророком»: 96 процентов его ответов подтвердились ходом истории. Но не будем приписывать эту победу его гениальности, которая с такой же легкостью прокладывала себе дорогу в политике и стратегии, как и в науке. Просто у Ферми был свой конек: он считал, что в мире больше инертности, чем того хотят или не хотят остальные. Поэтому он всегда отвечал отрицательно: нет, немцы не высадятся в Англии, нет, британцев не выгонят из Ливии.

Однако ход событий внезапно принял непредвиденное направление: 7 декабря 1941 года было совершено нападение на Пирл-Харбор. Но еще 6 декабря произошло важное для физиков Колумбийского университета событие: по рекомендации Консультативного комитета по урану директор Управления научных изысканий Ванневар Буш решил форсировать все исследования по расщеплению урана. Исследования цепной реакции были переданы Чикагскому университету, в то время как другим университетам поручалось изучить способы получения чистого графита, технологию массового производства метал-

лического урана и разделения изотопов урана. Огромная государственная машина Соединенных Штатов была пущена в ход...

Но война поставила Ферми в крайне неприятное положение: ведь он оказался теперь гражданином страны, находящейся в состоянии войны с Соединенными Штатами, и имел статус «враждебного иностранца». Однако ему оставили право заниматься своей научной работой. Единственным действительно неприятная обязанность, за исключением запрещения летать в самолетах или пользоваться приемником с коротковолновыми диапазонами, — спрашивать каждый раз при выезде за пределы своего местожительства письменное разрешение у прокурора района. Обращаться за этим разрешением надлежало за неделю до выезда.

А поскольку Ферми был переведен теперь в Чикагский университет, ему часто приходилось выезжать в этот город. И более того, поскольку правый берег реки Гудзон, на котором он жил с семьей, принадлежал не штату Нью-Йорк, а штату Нью-Джерси, за разрешением на выезд надлежало обращаться в Trenton.

Лаура Ферми не понимала этих беспрестанных поездок. Она также не понимала, почему ее муж должен был выстроить «высокую стену из угля», как рассказал ей один из друзей, случайно зашедший в лабораторию, равно как не понимала, почему в ответ на робкий вопрос, что это за стена, услышала требование «больше не думать об этом». Она не поняла и того, почему в апреле вся семья должна переехать в Чикаго. (Однако Ферми уехал один. Лаура осталась в Леонии до начала школьных каникул, чтобы не прерывать учебы детей, и переехала только в начале лета 1942 года.)

Андерсон быстро обосновался в Чикаго и начал строить новый реактор, в то время как Цинн остался в Нью-Йорке, чтобы продолжать некоторые исследования на уже существовавшем там реакторе, впоследствии демонтированном. Что касается Ферми, то он разрывался между группой Андерсона и группой Цинна, чем и объяснялись его частые переезды из Нью-Йорка в Чикаго и обратно. В конце концов, ему выдали для этих поездок постоянное разрешение.

Работая в Нью-Йорке с ураново-графитовой системой, которую нельзя было больше увеличивать, ибо

дальше не пускал потолок, Ферми решил проверить, не сократится ли потеря нейтронов, если всю систему поместить в пустоту. Ведь графит порист, а в порах находится воздух, поглощающий нейтроны. Если этот воздух откачать, отдача может быть увеличена. Так и произошло в действительности, но результат был настолько незначителен, что никак не оправдывал чудовищных осложнений, связанных с вакуумной установкой.

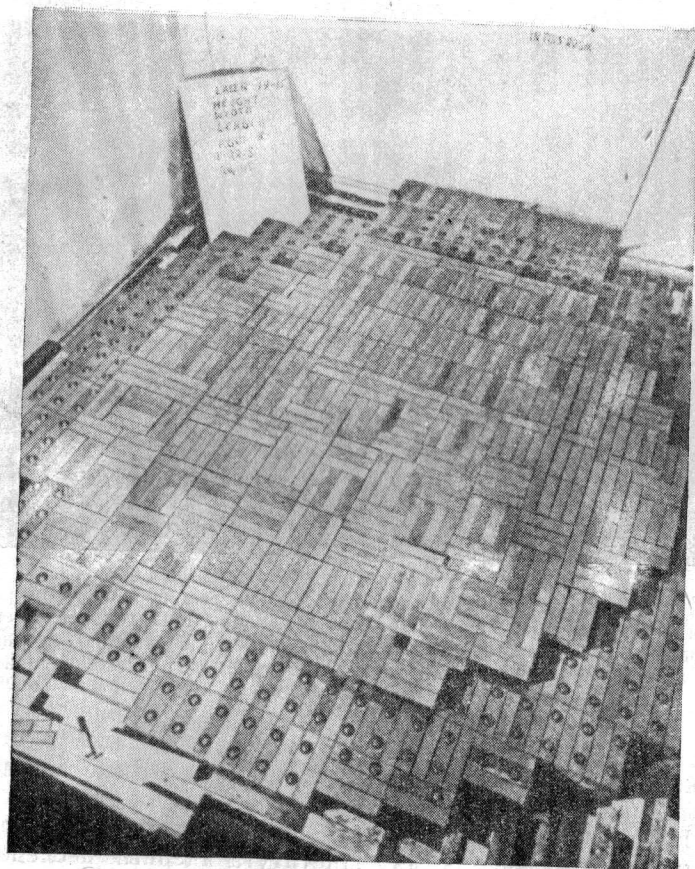
Результат был бы, несомненно, лучше, если воздух заменить метаном, который, представляя смесь атомов водорода и углерода, является превосходным замедлителем. Но смесь метана с воздухом взрывоопасна. Нет, угроза была слишком велика. И Ферми отказался.

„Бригада самоубийц“

В Чикаго профессор Артур Комптон руководил всеми исследованиями по урану и координировал их. Чтобы скрыть, над чем работали все эти ученые, его отдел официально назвали «Металлургической лабораторией», или, как говорили в обиходе, «Метлаб».

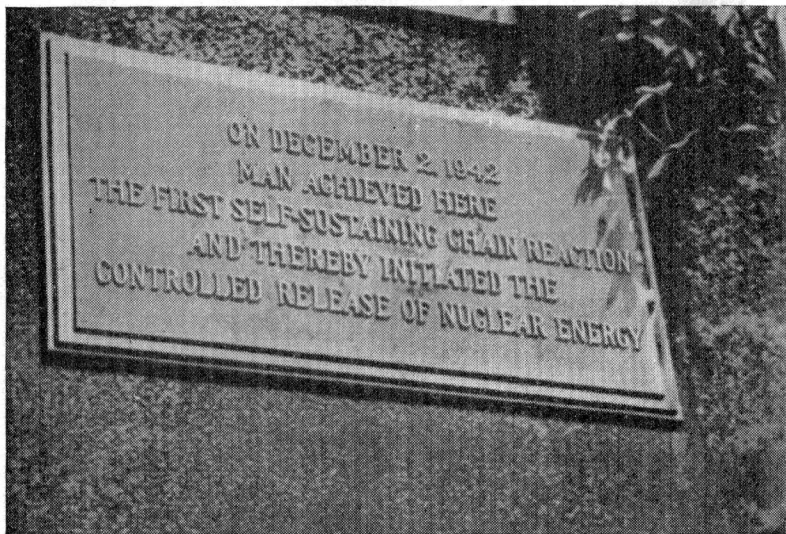
«Металлургов», как они часто сами себя называли, было так много, что, когда осенью 1942 года Комптон решил собрать их с семьями, ему пришлось разбить их на несколько групп. Он собрал их не столько из-за светских обязанностей, сколько ради показа некоего английского военного фильма «Близкий родственник». Фильм повествовал об оплошности одного человека, обратившейся в серию катастроф для его страны, включая бомбардировку и гибель многих людей и среди них — членов его семьи. Намек был очевиден для всех, в том числе и для тех жен, которые искренне верили, будто их мужья заняты металлургическими проблемами (впрочем, разве уран не металл?). И «металлурги» замкнулись в узком кругу взаимных знакомств.

Чикагский университет имеет много чисто британских черт. Его здания разбросаны на западной окраине города; в прошлом носившей сельский характер, а теперь принявшей городской облик. Здесь много деревьев и парков. Большинство «холлов» университета построено в готическом стиле. Во всяком случае, бесспорно в готическом стиле было здание из серого камня, в котором работал Ферми. Тогда здесь велись физические исследо-



Строительство реактора. Ноябрь 1942 года.

вания, а теперь это учебный корпус. Коридоры, выкрашенные белой масляной краской, резко контрастируют с темными резного дерева стенами лестничных клеток. Кабинет Ферми был расположен в комнате № С-113. Сейчас за обитой кожей дверью этой комнаты какое-то ад-



Мемориальная доска в честь пуска Энрико Ферми первого в мире атомного реактора в Чикаго: «Здесь 2 декабря 1942 года Человек впервые развязал самоподдерживающуюся цепную реакцию, сделав тем самым первый шаг по пути контролируемого высвобождения ядерной энергии».

министративное помещение. И там, как и в Риме, мы не смогли найти живого свидетельства о нашем герое.

После войны университет пристроил специальное крыло к этому зданию для Института ядерных исследований, основанного при университете. Ферми работал в нем последние годы своей жизни. Ныне институт получил его имя.

Реактор был расположен в нескольких сотнях метров отсюда, под трибунами университетского стадиона «Стейдж Филд». И там благоговейные чувства паломника были оскорблены. Средневековое мрачное здание

с массивными зубчатыми башнями, на которые опирались трибуны, разрушено, и на его месте построены трибуны без каких-либо архитектурных претензий. Под трибунами ранее находились манежи для различных видов «комнатного» спорта. На площадке для скуаша, своеобразного американского тенниса, и был построен реактор. Конечно, здесь потолок был выше, чем в любой лаборатории, — восемь метров. Но Ферми боялся, как бы и этого оказалось недостаточно. Учитывая опыты в Колумбийском университете, Ферми начинал понемногу составлять себе точное представление о размерах опытной установки.

Под трибунами стадиона и был поставлен ряд опытов, в которых искали оптимальное расположение брусков урана и графита. «Мы узнали, — писал Альфред Виттемберг, один из членов группы Цинна, — что значит работать в угольных коях. После восьми часов возни с графитом мы превращались в негров. Первый душ смывал только верхний слой угля. Не проходило и получаса, как угольная пыль начинала вылезать из всех пор нашего тела».

Весной Ферми и его ближайшие помощники уже были уверены, что одержат победу. Но их убежденность оставалась секретом для остальных «металлургов» вплоть до самого последнего дня.

Все они, однако, знали, над чем работает группа Ферми: получить, высвободив атомную энергию, взрывную реакцию, которую затем следовало укротить. Те, кто понимал расчеты, основанные на точных исследованиях, и особенно те, кто делал эти расчеты, ничего не боялись. Но остальные считали дело сомнительным, даже опасным, и прозвали группу Ферми «бригадой самоубийц».

Чего следовало бояться больше всего, так это радиоактивности, выделявшейся действующим реактором. Даже воздух был заражен. Поэтому Ферми решил поместить свое детище в оболочку из газонепроницаемой резины. Где изготовить ее, как не на заводе, специализировавшемся на строительстве аэростатов? Вот каким образом фирма «Гудьер» получила заказ на воздушный шар... кубической формы. Напрасно специалисты фирмы уверяли, что подобным воздушным шаром нельзя будет управлять, заказчик — Чикагский университет — остался непреклонным.

Повышение коэффициента K

В реакторе Колумбийского университета коэффициент размножения нейтронов, знаменитый коэффициент K , был равен еще только 0,88. Это означало, что каждый нейтрон в среднем порождает 0,88 вторичного нейтрона, т. е. количество нейтронов в каждом поколении снижается на 12 процентов. А самоподдерживающуюся реакцию можно получить только при коэффициенте $K=1$. (Точно так же, как численность населения какого-либо народа сохраняется, если у каждого человека в среднем один ребенок.) Если K превысит единицу, тогда количество нейтронов будет возрастать все больше и больше и даже возникнет угроза взрыва, если это превышение окажется сколько-нибудь существенным. Отсюда необходимость — и трудность — придерживаться коэффициента K , который только слегка превышал бы единицу. Но дело еще не дошло до этого... Пока надо было преодолеть интервал, отделявший 0,88 от единицы.

Известного скачка можно было достичь, если бы вместо наполнения алюминиевых коробок пылеобразной окисью урана ее спекать в кирпичи. Этот метод не только устранил бы алюминий, который поглощает нейтроны, но и повысил бы плотность окиси урана. Это было сделано, и коэффициент K поднялся до 0,90.

Но на строящемся в Чикаго реакторе удалось добиться $K = 0,93$. Почему? Нью-йоркская группа была раздосадована своим отставанием. Зато в Чикаго никак не могли получить прочных кирпичей из спекшейся окиси урана. Почему? Теперь отставание ощущала чикагская группа. В конце концов, обе тайны разъяснились одновременно: последние поставки окиси урана из Канады, естественно, направлялись в Чикаго, а они были значительно лучше очищены от посторонних примесей. Вот почему нейтронов поглощалось меньше. Но, поскольку здесь было меньше вязких примесей, эти образцы спекались хуже, чем предыдущие, над которыми работали в Нью-Йорке.

Эти результаты подтвердили уверенность Ферми в том, что он прав: секрет успеха — в устранении посторонних примесей. К сожалению, приходилось постоянно сталкиваться со следующим затруднением: те методы очистки, которые удалось разработать (как, например,

производство урана путем электролиза двойной пentaфтористой соли урана и калия), были слишком тонкими, чтобы их можно было перенести из лаборатории в промышленность. Даже в настоящее время мы еще не имеем промышленных количеств абсолютно чистых веществ, производство которых требует самой передовой лабораторной технологии.

Все осложнялось секретностью работ. «Было очень трудно, — пишет Сэмюэль Аллисон, руководивший в Чикагском университете химическим отделом проекта, — объяснить крупным поставщикам графита (продукция которых вполне удовлетворяла требованиям, предъявляемым к электродам электроплавильных печей сталелитейной промышленности), почему надо изготовить тысячи тонн графита по нормам, применявшимся до тех пор исключительно для дуговых устройств спектроскопических анализаторов. Присутствие бора в графите до сих пор никого не волновало. Никто даже не знал о том, какое количество бора содержится в промышленном графите».

Бор — мы это знаем с римского периода — является наряду с кадмием тем элементом, который жадно поглощает нейтроны. Поэтому бору была объявлена беспощадная война. Химики группы Аллисона разработали технологию, по которой должен был полностью отделяться бор. А затем им пришлось убеждать фирму «Спеер графит» применить эту технологию в производстве графита на маленьком заводе в затерянном уголке Пенсильвании.

В мае 1942 года прибыла первая партия графита с завода «Спеер графит». Им заменили максимально возможное число блоков в реакторе. И тогда коэффициент K сразу поднялся до 0,995... И вправду, бор оказался врагом номер один. Тогда стали готовиться к большому опыту: достаточно еще немного увеличить размеры установки, заменить еще несколько брусков плохо очищенного графита, и роковой рубеж будет перейден. Но этого нельзя было делать без некоторых предосторожностей. Поэтому построили специальные леса, на которых установили приборы управления и безопасности.

Наконец, был получен кубический баллон. Чтобы его развернуть, Ферми забрался на каретку мостового крана и оттуда командовал рабочими, разводившими канаты.

Подтянутый к потолку, огромный баллон свисал до пола. Одна из его сторон была открыта, чтобы реактор можно было собрать внутри баллона. Ферми с таким авторитетом командовал из своей каретки, что его прозвали «адмиралом». Так он и спускался по иерархической лестнице — от «папы римского» через «пророка» к «адмиралу». Да, но Колумб тоже был адмиралом.

«Когда окончательное сооружение было наполовину смонтировано, расчеты показали, что критические размеры, за которыми уже начнется цепная реакция, будут несколько меньше первоначально предусмотренных. По мере того как реактор рос и начинала вырисовываться его форма, нервное напряжение работавших возрастало.

Логика и теория говорили, что в реакторе должна начаться расходящаяся цепная реакция. Поэтому, по мере того как приближался столь долгожданный момент, физики все чаще и чаще уточняли свои расчеты и старались учесть малейшие детали»*.

Одни говорят о Ферми этого периода, что он был «полон уверенности, но абсолютно лишен хвастовства». Сегре писал: «Развертывание работ представляло собою прекрасную картину: логически стройный порядок опытов, оценка результатов, использование их для очередного шага, последовательная цепь исследований, связанных между собою железной логикой и всепроникающей интуицией, — все это ставит Ферми на одну из вершин науки эксперимента».

За шесть недель работы в аду из черной липкой пыли армия людей в халатах, которым помогали студенты и несколько слесарей, не понимавшие, ради чего монтируется эта почти кубическая штука, реактор был построен.

В середине реактора могли двигаться контрольные стержни. Изготовленные из материала, сильно поглощающего нейтроны, они поддерживали коэффициент K на уровне значительно ниже единицы. По мере вывода стержней из реактора коэффициент K возрастал. Весь вопрос состоял в том, чтобы построить подкритический

* Выдержка из статьи, написанной двумя американскими журналистами и опубликованной в специальном номере журнала «Бюллетен де л'АИЭА» за декабрь 1962 года, посвященном двадцатой годовщине первой в мире цепной реакции.

реактор, который становился бы критическим после извлечения регулирующих стержней.

Такие условия были созданы 1 декабря во второй половине дня. Поставленные после завтрака контрольные опыты подтвердили это. В 16 часов группа Андерсона сменила группу Цинна; но сам Цинн остался, чтобы помочь Андерсону в решительный момент монтажа последнего яруса. Да, теперь все ясно. Коэффициент K был настолько близок к единице, что после изъятия стержней он должен перевалить за заветный рубеж. Однако решительный опыт не стали начинать в конце дня, да необходимо было и присутствие Ферми. Проведение опыта перенесли на следующее утро — в 8.30. Что дата этого дня — 2 декабря — станет добрым предзнаменованием победы, никто тогда не думал — на «Стейдж Филде» не было французов. Но как не видеть нам символичности утра 2 декабря, когда вошло солнце одной из величайших побед человечества, впервые завоевавшего контроль над реакцией ядерного превращения, той самой реакцией, которая лежит в основе энергии Солнца и всех прочих звезд.

Победа и фиаско

На одной из стен помещения имелся своеобразный балкон, где установили измерительную аппаратуру. Здесь разместились Ферми, Цинн, Андерсон и Комптон. На этом же балконе находился пульт управления стержнями, которые можно было в любую минуту опустить в реактор и прекратить ход реакции. Эта реакция, впрочем, могла начаться только при резком усилении потока нейтронов. Толстый аварийный стержень выдвинули из реактора, но оставили висящим над своим колодцем. Один из физиков, Хилберри, вооруженный топором, готов был немедленно вмешаться, если не сработает автоматическая система: в его обязанности входило обрубить веревку, на которой висел аварийный стержень. В качестве последней меры предосторожности группа рабочих готовилась вылить на реактор раствор солей кадмия — элемента, который, как мы знаем, весьма жадно поглощает нейтроны.

Наконец, регулирующий стержень должен был перевести реактор от режима затухания к режиму усиления.

ния цепной реакции. Манипулировал им Джордж Вейл, человек, которому предстояло «зажечь солнце».

Закончив в общих чертах описание декораций, отошлем читателя к обстоятельному рассказу, написанному в 1946 году двумя американскими журналистами, проинтервьюировавшими всех присутствовавших при этом опыте.

Там вы прочтете, как регулирующий стержень был медленно выдвинут Джорджем Вейлом, в то время как Ферми занимался подсчетами; как каждый раз возрастала нейтронная активность, а потом стабилизировалась; как вдруг тяжело упали автоматические предохранительные стержни, потому что из предосторожности они были установлены слишком низко; как Ферми реагировал на это историческим «Пойдемте завтракать» и как опыт был возобновлен в 14 часов 20 минут.

Наконец, как снова были выдвинуты на несколько дециметров аварийные стержни, прозванные «Цип», т. е. «застежка-молния», и кривая на самопишущих приборах стала в 15 часов 30 минут снова неуклонно подниматься вверх, не задерживаясь на каком-либо уровне.

Ферми, бывший до того времени спокойным, странно спокойным, облегченно сказал: «Цепная реакция началась: кривая поднялась до невиданной высоты».

В течение 28 минут реактор работал в условиях критического режима, пока снова не упали предохранительные стержни и не положили конец цепной реакции.

Итак, человеку удалось высвободить энергию, замороженную внутри атомных ядер, — правда, высвободить совсем незначительную часть. Отныне он мог перестать пользоваться только энергией Солнца в той или иной форме, как делал до сих пор, — он создал собственное солнце...

Эйген Вигнер достал спрятанное до того времени фиаско * кьянти. Вино молча и торжественно, без тостов, распили из картонных стаканчиков. Потом все присутствовавшие расписались на соломенной оплетке фиаско... Один из физиков унес драгоценную бутылку. (Когда в 1952 году по случаю празднования десятой годов-

щины цепной реакции его попросили предоставить знаменитую бутылку для праздничного стола, он застраховал ее на тысячу долларов. Самое дорогое фиаско в мире.)

Вигнер купил это фиаско кьянти еще в марте. Он видел далеко. Один из его друзей пошутил: «Предвидеть, что настанет день, когда человек осуществит цепную реакцию, было нетрудно. Значительно труднее было предвидеть, что скоро в Соединенных Штатах нельзя будет достать итальянского вина».

Профессор Комптон поспешил к телефону — звонить профессору Гарвардского университета Джеймсу Конанту, возглавлявшему урановый проект в Управлении научных изысканий. Но как сообщить ему о радостном известии, не раскрыв великую тайну нескромным ушам?

— Итальянский мореплаватель высадился в Новом свете.

— А как ведут себя туземцы? — спросил Конант.

— Замечательно.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

В „ПОСЕЛКЕ ИГРЕК“

Еще до того как в Чикаго получили первые положительные результаты, было начато осуществление Манхеттенского проекта. Летом 1942 года под влиянием начальника Управления научных изысканий Ванневара Буша, убежденного в скором успехе опытов Ферми, Рузвельт принял решение расширить Урановый проект, поручив его специальному подразделению инженерных войск. Перед этим подразделением была поставлена задача: создать атомную бомбу. Подразделению присвоили условное кодовое наименование «Манхеттенский инженерный округ» и во главе поставили генерала Лесли Гровса.

Задача была не в том, чтобы взнуздать и укротить «необъезженную» атомную энергию, научив ее умеренному галопу внутри коралля, а, наоборот, в том, чтобы распахнуть перед нею все загородки и даже прищипорить, дабы она могла понестись вскачь. С физической точки

* Фиаско — двухлитровая, оплетенная соломой бутылка для вина. — Прим. перев.

зрения: цепная реакция должна была носить не управляемый, а взрывной характер. Выражаясь математическим языком, коэффициент K должен теперь достичь своей максимальной величины, а не держаться около единицы. Для этого надо использовать не природный уран, а его редкий изотоп уран-235: недавние опыты позволили установить, что только он поддается расщеплению.

Строгая логика научных изысканий требовала сначала высвободить энергию, а уже потом думать о ее использовании. Однако в условиях страшного военного конфликта, потрясавшего мир, этим некогда заниматься. Поэтому было принято допущение, что Ферми преуспел. Быстро составили планы строительства огромного реактора в Ок-Ридже (впоследствии воспроизведенного трижды в Ханфорде). Скорость строительства была неслыханной в истории техники.

Очевидно, не всем нашим читателям понятно, для чего нужны реакторы при создании бомбы. Это естественно, ибо мы оставили в стороне историю плутония, не имевшую непосредственного отношения к данному повествованию. Еще в 1940 году группа ученых Калифорнийского университета в Беркли, в которую входил и Эмилио Сегре, доказала появление в уране под воздействием нейтронов нового элемента 93, обладающего отрицательной радиоактивностью. Он был назван нептунием (точнее, был переименован в нептуний, ибо Ферми в свое время назвал его аузением). Период его полураспада равнялся 23 минутам. Именно он вызывал в облученном уране отрицательную радиоактивность средней продолжительности, именно его пытался получить Ферми несколько лет назад. Правда, тогда он полагал, что период полураспада этого элемента равен 13 минутам.

Итак, подчеркнем еще раз — нептуний был получен уже в Риме. Плутоний, элемент 94, образуется из нептуния после потери его ядром одного электрона. В университете Беркли доказали, что плутоний тоже может расщепляться. Поэтому перед теми, кто искал ядерное взрывчатое вещество, открывалось два пути: извлекать уран-235 из естественного урана или производить плутоний из имевшегося в достатке природного урана, в основном состоявшего из изотопа уран-238. Соединенные Шта-

ты не стали долго раздумывать, каким путем идти — слишком рискованно было делать ставку только на один неизвестный путь. (И действительно, сброшенные на Японию бомбы были разного типа.) Для производства плутония решили организовать систематическую бомбардировку природного урана нейтронами, иначе говоря, построить плутониевые реакторы, целью которых было бы не получение и использование тепловой энергии, а создание плутония.

Таким образом, строго контролируемая цепная реакция, поисками которой занимался Ферми, была необходима для перехода к следующему этапу — цепной реакции взрывного типа.

Эксперт № 1

На всех ступенях осуществления Манхеттенского проекта правительство Соединенных Штатов Америки намеревалось прибегать к услугам частной промышленности, что соответствовало его экономической доктрине. К тому же это было наиболее действенным и быстрым решением проблемы: лучше сотрудничать с уже сложившимися промышленными группами, нежели пускаться в рискованную авантюру. В деле строительства реакторов руководители Манхеттенского проекта рассчитывали на фирму «Дюпон де Немур». Однако хозяева этой крупнейшей фирмы колебались: предложение строить гигантский завод для производства вещества, свойства которого были изучены на микроскопической дозе — примерно на двух микрограммах — казалось им сумасшествием.

Комптон, руководивший чикагскими опытами, присутствовал на совещаниях, во время которых военное ведомство напрасно пыталось уговорить представителей фирмы «Дюпон де Немур». Поэтому он на свой собственный страх и риск пригласил, нарушив все приказы, представителя этой фирмы стать свидетелем первого в мире процесса высвобождения атомной энергии. Итак, под трибунами чикагского стадиона 2 декабря 1942 года все же присутствовал один зритель. В итоге удалось добиться согласия фирмы «Дюпон де Немур», и она построила три гигантских реактора в Ханфорде (штат Вашин-

гтон). Для их охлаждения использовали воду реки Колумбии.

В момент решающего опыта в Чикаго проекты этих реакторов еще только разрабатывались. Но в Ок-Ридже, в долине Теннесси, уже строили опытный реактор. Это свидетельствует о стремлении рассредоточить атомную промышленность на огромной территории Соединенных Штатов, конечно, не из опасения весьма маловероятных бомбардировок, а для борьбы со шпионажем: вражеской разведке будет очень трудно создать единую картину из тех отрывочных сведений, которые могут поступить к ней из различных районов.

Это рассредоточение повлияло и на жизнь Ферми в годы, последовавшие за его победой над ураном. Он должен руководить демонтажем своего реактора, который в дальнейшем будет восстановлен в бетонных кессонах Аргоннской лаборатории близ Чикаго под названием «ПЧ-2» («Чикагский реактор № 2»), участвовать в доводке строящегося реактора в Ок-Ридже и в строительстве трех других реакторов в Ханфорде, а также консультировать строительство реактора на тяжелой воде в том же Ханфорде.

Ферми снова неустанно разъезжает по стране. Он становится экспертом № 1 по строительству реакторов, и Соединенные Штаты Америки полностью используют его. Однако Манхеттенский проект в отличие от Уранового проекта — уже не просто научные исследования, проводимые университетами. Это военная, сугубо секретная организация. И невозможно предоставить руководящую роль в ней подданному враждебной страны. В роли же консультанта Ферми с его способностью быстро схватывать самые разнообразные проблемы и быстро решать их, безусловно, мог быть наиболее полезен.

В итоге весь 1943 год и начало 1944 года прошли в беспрестанных поездках. Но к этому времени строительство реакторов, необходимых для Манхеттенского проекта, окончено. Пора переходить к заключительной фазе — созданию бомб с помощью первых расщепляющихся материалов, изготовленных на заводах в Теннесси и Вашингтоне. Отныне Ферми должен будет заниматься специальными вопросами, вызванными к жизни столь сугубо специфическим производством, и летом 1944 года его переводят в Лос-Аламос.

Эджин Фармер

Еще осенью 1942 года генерал Гровс высказал пожелание, чтобы физики и математики, работающие над проблемой ядерного взрыва, равно как и инженеры, проектировавшие и создававшие бомбу, были объединены в удаленном от больших городов месте, где ранее не проводилось никакой научно-исследовательской работы.

Профессор Роберт Оппенгеймер, которому поручили возглавить эту секретную группу, рассказал Гровсу об укромном уголке в штате Нью-Мехико, где его семья владела ранчо на склонах гор Сангре-де-Кристо. Оппенгеймер хорошо знал помещение пансиона для мальчиков, которое находилось на плато, господствовавшем над каньоном Лос-Аламос. В здании пансиона можно было расположить первые лабораторные установки.

Он повез с собой Гровса на эти вулканические плато столообразной формы, покрытые редкими соснами и разделенные на своеобразные мысы сухими глубокими каньонами. Отдельные плато были окружены каньонами, как средневековые крепости рвами. Здесь легко можно скрыть лаборатории от посторонних глаз. Место было пустынным. До школы можно добраться только по узкой горной дороге. Эта дорога связывала школу с Санта-Фе, куда легко доставлять грузы по имевшейся железной дороге. Место оказалось идеальным. Это была пустыня, но пустыня с прекрасным горным климатом. Гровс сразу принял решение и тут же объявил директору школы, что военное ведомство приобретает его учреждение.

В январе инженерные подразделения начали строить дома и лаборатории. Оппенгеймер предполагал, что здесь будет жить около тридцати ученых с семьями. Но жилищное строительство, неуклонно развивавшееся, никогда не могло полностью удовлетворить население городка, достигшее к концу войны шести тысяч человек.

Оппенгеймер навестил семью Ферми в Чикаго и рассказал им о «поселке Игрек» — секретном месте, о котором он не захотел сообщать ничего конкретного, кроме того, что их переезд туда планируется на август. Но в последний момент Ферми пришлось отправиться в штат Вашингтон, и Лаура Ферми поехала в поселок одна с детьми.

На маленьком вокзале ее встретил солдат: «Это вы — жена Фармера?» Все ученые должны были изменить свои имена и фамилии, сохранив только их первые буквы. Почта адресовалась им на почтовый ящик № 1663 в Санта-Фе без других уточнений. Жители «поселка Игрек» были лишены права голосовать на каких бы то ни было выборах. Они жили на своих плато, оторванные от всего мира.

Лаура Ферми встретила там Эмилио Сегре, который стал ее проводником вместе с другим итальянским физиком, Бруно Росси. Она с удивлением узнала, что в домике «Т-186», где ей была выделена квартира «Д», на первом этаже живут немецкий физик Рудольф Пайерлс, который в 1933 году был иностранным аспирантом Физического института в Риме, и его жена Женя. Ганс Бете, который в 1931 и 1932 годах работал в лабораториях того же института, тоже оказался в Лос-Аламосе.

Три недели спустя Энрико Ферми — простите, Эджин Фармер — присоединился к семье вместе со своим телохранителем по имени Джон Баудино, сыном итальянских эмигрантов.

В запретном городе

На протяжении года на плато Лос-Аламос шла жизнь, не похожая ни на какую другую. Большая группа видных физиков жила там оторванная от всего мира, на высоте около 2200 метров над уровнем моря, летом — в тягучем аромате сосен, зимой — в ледяных снегах, над долинами, где ранее теснились вигвамы индейских племен и даже поселения троглодитов. Офицеры инженерных войск по-военному регламентировали всю жизнь. Физики не имели права не только называть друг друга по имени, но даже произносить эти имена просто в разговоре. Например, Нильс Бор был мистером Бэйкером. Но поскольку так называть его было довольно трудно, все звали его «дядя Ник»: ведь уже сам факт присутствия столь крупного ученого на пустынном плато подсказал бы шпионам, что там делается нечто весьма важное.

Даже речь была усыпана кодовыми выражениями. Когда Лаура Ферми стала работать секретарем медицинского отдела, она не могла понять, что имеет в виду ее начальник, врач «технической зоны», говоря об опас-

ности радиации от «сплава для оружейных стволов». Равным образом интриговал ее таинственный «сорок седьмой», постоянно упоминавшийся в медицинских разговорах. Когда она задавала вопросы, ей отвечали: «Спросите у вашего мужа». Но муж умел хранить секреты даже дома. Только после войны в так называемом «докладе Смита» она нашла разгадку: «сплавом для оружейных стволов» называли уран, «сорок седьмым» — плутоний.

Военные власти активно поощряли работу женщин. С одной стороны, как говорил полковник Уоррен, «это помешает им надеть шляпки глупостей», с другой стороны, в этом непрестанно развивающемся коллективе всегда не хватало рабочих рук, а в найме женского персонала на стороне никто, естественно, не был заинтересован, ибо это увеличило бы число лиц, посвященных в тайну Лос-Аламоса.

Плато было разделено на ряд зон, разграниченных колючей проволокой, зон разной доступности. Святая святых называлась «технической зоной».

В плане научных исследований работа также была разделена на отдельные изолированные темы. Каждый имел точное задание, но не знал, чем занимаются другие, и подчас не знал даже, частью какого целого является его работа. «Все» знали только Оппенгеймер и его ближайшие помощники. Нет сомнений, такая организация лучше всего предохраняла от разглашения тайны, поскольку у возможного шпиона было мало шансов собрать достаточное количество отрывочных сведений, сопоставление которых дало бы возможность раскрыть тайну Лос-Аламоса.

Хотя сам Ферми был «могилой» для всего, что надлежало хранить в тайне, он не упустил случая посмеяться над усердием контрразведчиков инженерных войск. Так, он уверял, будто однажды получил пакет с надписью: «Сверхсекретно. Сжечь до прочтения». Он же рассказывал, что якобы слышал, как офицеры контрразведчики говорили между собой: «Напрасно доверили все это дело ученым. Если бы генерал Гровс был единственным, кто знает, что мы делаем атомную бомбу, нам было бы спокойнее».

Кое-кто уверяет, что именно Ферми был автором знаменитых шифрованных писем Фейнманна. (Молодой

физик, ставший ныне видным специалистом в области строения атомного ядра, получал письма, содержание которых никак не удавалось расшифровать военной цензуре, вскрывавшей все письма. Фейнмана допросили. Он с улыбкой, но уверенно заявил, что во имя сохранения тайны просил писать ему письма шифром, которого и сам не знает, а поэтому вынужден разгадывать шифр каждого письма. Контрразведка попыталась разобраться в этих шифрах, но безуспешно.)

Дракон извергает пламя

Ферми возглавлял «Отдел Ф», что попросту означало «Отдел Ферми». Роль ученого можно охарактеризовать как роль спасательной команды. Он вмешивался — естественно, как мыслитель, теоретик — каждый раз, когда та или иная группа сталкивалась со сложной проблемой. (Ведь именно он с математиком Джоном фон Нейманом были самыми выдающимися тенорами хора.) Таким образом, Ферми работал главным образом над теоретическими вопросами, касающимися нейтронов, ибо эти столь милые его сердцу нейтроны были взрывным механизмом будущей бомбы: их поток чудодейственным образом умножался по мере увеличения числа расщепленных ядер.

Посетив Лос-Аламос, мы захотели осуществить паломничество по тем местам, где работал Ферми. Увы! Никто не мог ничего рассказать нам о них. В довершение всего, хотя весь городок, население которого превосходит уже двадцать тысяч человек, само собой разумеется, открыт всему миру, старое помещение отдела Ферми, белый барак в стороне от других, на краю долины, занят сегодня какой-то секретной лабораторией.

То было время, когда, образно говоря, пытались схватить дракона за хвост. Речь шла о том, чтобы точно определить массу расщепляющегося вещества, достаточную для начала самоподдерживающейся цепной реакции. Как только эта «критическая масса» станет известной, бомбу легко будет построить: достаточно мгновенно соединить два куска металла, каждый из которых имеет примерно чуть больше половины критической массы, и немедленно начнется взрывной процесс. Расчеты определяли величину этой критической массы. Правда, тео-

рию всегда должен подтверждать опыт. Но как ставить опыты с таким чудовищно опасным процессом? Было сделано кольцо из расщепляющегося вещества. Сквозь него с огромной скоростью должен был проскакать кусок того же самого вещества. На протяжении весьма короткого периода, когда кольцо и внутренний кусок составляли как бы единое целое, эмиссия нейтронов возрастала до гигантских размеров. Увеличивая массу центральной части, можно было нарисовать кривую, определяющую тот момент, когда дракон начнет извергать пламя.

Наконец, 16 июля 1945 года в пустыне Аламогордо (точнее, на «площадке Святой троицы», по кодовому наименованию) был совершен опытный взрыв.

Уже накануне после обеда все почувствовали: что-то готовится. Лос-Аламос был пуст, не осталось ни одного физика, ни одного старшего офицера.

На заре страдавший бессонницей больной вдруг увидел, что палата госпиталя озарилась странным светом. После полудня появились первые машины с физиками, измученными бессонной ночью, опаленными солнцем. Ферми был так утомлен, что уступил руль машины другу. Он, который так не любил, чтобы кто-то вез его!

Ночь последних приготовлений была бурной. Задолго перед зарей на несколько мгновений возшло невиданное солнце. Первые свидетели, и среди них Ферми, находились на расстоянии десяти миль. Все увидели ослепительное пламя, услышали ужасающий грохот. Все, кроме Ферми; он ничего не слышал, ибо слишком был занят своими бумажными конфетти.

Ферми всегда утверждал, что теоретически любую проблему можно разрешить простыми средствами. «Он показывал своим ученикам, — пишет Лаура Ферми, — каким образом нужно сводить всякую проблему к ее существу, как следует сначала искать частные решения, как простыми рассуждениями можно заменить сложные математические выводы». В своей экспериментаторской работе он всегда искал самые простые решения для опытных установок.

Так, на «площадке Святой троицы» он захотел измерить эффект взрывной волны от бомбы, просто-напросто роняя клочки бумаги и измеряя шагами расстояние, на которое их отнесет взрывная волна. Расчеты, произведе-

денные им с помощью таких элементарных данных, были полностью подтверждены измерениями, которыми занимались другие физики при помощи специально разработанной сложной аппаратуры.

Через несколько часов после взрыва Ферми сел в специально оборудованный свинцовой защитой танк, чтобы исследовать четырехсотметровый кратер, покрытый спекшимся песком, — след первого атомного взрыва. Там он занялся измерением радиоактивности.

Второй раз в истории была высвобождена ядерная энергия. Но на этот раз опыт далеко выходил за рамки физики — он привел к драме совести.

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

В ПАНТЕОНЕ АТОМА

Рувельт умер в апреле, не узнав результатов осуществления гигантского Манхеттенского проекта. Трумэн сообщил союзникам об успехе в Аламогордо во время Потсдамской конференции. Он назначил специальный комитет советников, который должен был давать рекомендации о возможном использовании атомной бомбы, а также по всем вопросам, касающимся использования атомной энергии. В этом комитете заседали четыре научных консультанта: Артур Комптон, руководивший университетскими исследованиями в Чикаго, Эрнест Лоуренс — изобретатель ускорителей частиц, Роберт Опенгеймер и Энрико Ферми.

Комитет провел в Лос-Аламосе долгое и томительное заседание, прежде чем решил рекомендовать президенту Трумэну использовать атомные бомбы против Японии.

Хиросима... Нагасаки... Капитуляция Японии... Атом намного превзошел намерения физиков, вызвавших его к жизни.

Многие ученые в Лос-Аламосе были поражены тем, что писалось в газетах о разрушении японских городов. «Хотели» ли они этого?.. Лаура Ферми поняла теперь, что имел в виду Эмилио Сегре, когда говорил ей во время одной из встреч в Чикаго в 1943 году: «Не бойтесь овдоветь, Лаура... Если Энрико взорвется, вы взорветесь

вместе с ним». Да, опасность сильно превосходила — и насколько! — лабораторные масштабы.

Одни старались взвесить на весах число погибших в Хиросиме и Нагасаки и число тех, кто остался в живых благодаря быстрому окончанию военных действий. Другие горько упрекали себя в том, что продолжали работать и после того, как узнали о цели работы в «поселке Игрек». Третьи, наконец, считали необходимым запретить войны, но полагали, что если уж война идет, то ответственность за нее нельзя ставить в зависимость от мощи оружия.

Какую позицию занимал Ферми в этих дискуссиях по вопросам совести?.. Он не считал, что физики должны отказывать государству в своем сотрудничестве. Но этот вопрос слишком серьезен, чтобы позволить нам какое-либо толкование его мыслей. Поэтому мы дословно приведем отрывок из воспоминаний его жены, поскольку эти воспоминания были написаны еще при жизни Ферми и, безусловно, прочитаны им:

«Энрико не думал, что остановка работ была бы разумным решением. Попытка приостановить научный прогресс ни к чему не приводит. Что бы природа ни уготовила втайне человечеству и как бы неприятно это ни было, человек должен принять это, ибо незнание никогда не может быть лучше знания.

Ведь если бы физики не создали атомной бомбы, если бы они даже уничтожили все найденные и собранные ими данные, все равно в ближайшем будущем появились бы новые люди, которые в поисках истины шли бы по тому же самому пути и снова открыли бы все то, что было уничтожено. И неизвестно, в чьих руках могла бы оказаться тогда атомная бомба. Можно предположить значительно худшие варианты...»

Из Италии, где папа римский осудил новое оружие, Мария Ферми писала своему брату: «Здесь все говорят об атомной бомбе. Каждый хочет высказать собственное мнение, и мы слышим самые дикие глупости. Здравомыслящие люди понимают, что было бы напрасно спрашивать, кто первый изобрел бомбу, которая явилась плодом широкого сотрудничества. Но все поражены ее ужасными результатами и с каждым днем тревога растет, а не спадает. Я же вручаю тебя богу. Только он может рас судить тебя с твоей совестью».

Среди ученых, особенно в Лос-Аламосе, доминировало мнение, что война будет уничтожена уже тем фактом, что она становится слишком ужасной. Атомная эра позволит установить международный контроль над военной промышленностью. Древняя идеалистическая мечта о всеобщем мире должна стать, благодаря одному только существованию бомбы, действительностью.

Именно рассуждения такого рода послужили идейной основой для создания Ассоциации деятелей науки Лос-Аламоса. В январе 1946 года она слилась с аналогичными ассоциациями, возникшими почти повсюду в Соединенных Штатах, и положила начало Федерации американских ученых. Ее программа требовала «международной дискуссии», в ходе которой родится всемирная власть, а этой власти можно будет поручить контроль над атомной энергией.

И здесь мы попросим супругу Энрико Ферми уточнить его точку зрения: «Энрико не очень-то разделял эти убеждения. Он говорил, что исторические прецеденты огню не свидетельствуют в пользу того, что усовершенствование оружия принудит народы отказаться от войны. Он думал также, что бесчеловечность вооруженного конфликта определяется не столько техническим прогрессом средств уничтожения, сколько желанием использовать это вооружение и теми испытаниями, к которым готовы воюющие стороны. Более того, Энрико не считал, что человечество созрело для создания мирового правительства. Поэтому он не стал членом Ассоциации».

Что же теперь будет делать Ферми?

Разве можно обрести покой?

Долгое время он думал, что ему следует вернуться в Нью-Йорк, в Колумбийский университет, и жить так, как жил до того момента, когда в его существование вторглась война.

Прогуливаясь с друзьями по базальтовому плато Лос-Аламоса, катаясь с ними на лыжах по склонам Химеса, Ферми часто говорил, особенно Сегре, что хотел бы посвятить свои зрелые годы преподавательской деятельности. Он охотно воображал себя воспитателем нескольких специально подобранных учеников в маленьком колледже. Или человеком, который писал бы книги по вопросам,

казавшимся слишком очевидными и поэтому никогда не углубленным исследованием.

Однако еще до окончания войны Чикагский университет, уже сыгравший столь выдающуюся роль в ядерной физике, стал готовиться к тому, чтобы сохранить за собой эту роль и в мирное время. В Чикаго стремились поддерживать чудотворный дух сотрудничества, который в самые мрачные годы войны царствовал в «Металлургической лаборатории». Весной 1945 года родилась идея создать Институт ядерных исследований. Проект начал облекаться плотью в ходе переписки с различными физиками. Вскоре — это было в июле — стала ясна необходимость созвать совещание физиков. Но в то время Сэмюэл Аллисон, Сирил Смит и Ферми, приглашенные участвовать в совещании, были очень заняты. Поэтому решили собрать совещание в Лос-Аламосе. Но — здесь стоит подчеркнуть непреклонность политики военной тайны, окружавшей Манхеттенский проект, — многие видные ученые, достаточно квалифицированные, чтобы принять участие в создании будущего Института ядерных исследований, не смогли добиться разрешения на въезд в запретный город.

В конце концов совещание созвали в долине под Лос-Аламосским плато, в Санта-Фе — самом живописном в Соединенных Штатах городе, сохранившем отпечаток испанской колонизации.

Совещание состоялось через несколько дней после взрыва в Аламогордо. Но те, кто был творцом этого взрыва, не только не сказали об этом ни слова своим самым интимным друзьям, прибывшим из Чикаго, а даже внешне не проявили ни малейшего волнения. Каково же было удивление трех чикагских физиков, когда, вернувшись домой, они узнали, что первый атомный взрыв был совершен за несколько дней до совещания как раз около Лос-Аламоса.

В Санта-Фе была разработана общая программа будущего института. Здесь также единогласно приняли решение, что с новым учреждением должны сотрудничать и университет, и промышленность. Зашла речь о директоре... Ферми отказался занять этот пост. Он опасался, что директорство будет связано со слишком большой административной работой. Ответственность возложили на плечи Сэмюэла Аллисона.

К концу осени Лос-Аламос начал пустеть. Правда, ядерные лаборатории продолжали работать, но университеты требовали обратно своих преподавателей, чтобы справиться с ожидавшимся наплывом студентов.

В ночь на Святого Сильвестра * семья Ферми покинула город, где провела столь напряженные месяцы.

Через несколько недель Энрико Ферми и четыре других ученых получили медаль Конгресса «За заслуги», самую редкую американскую награду, которую вручил им генерал Лесли Гровс, начальник Манхеттенского проекта.

Вот текст постановления о награждении Ферми:

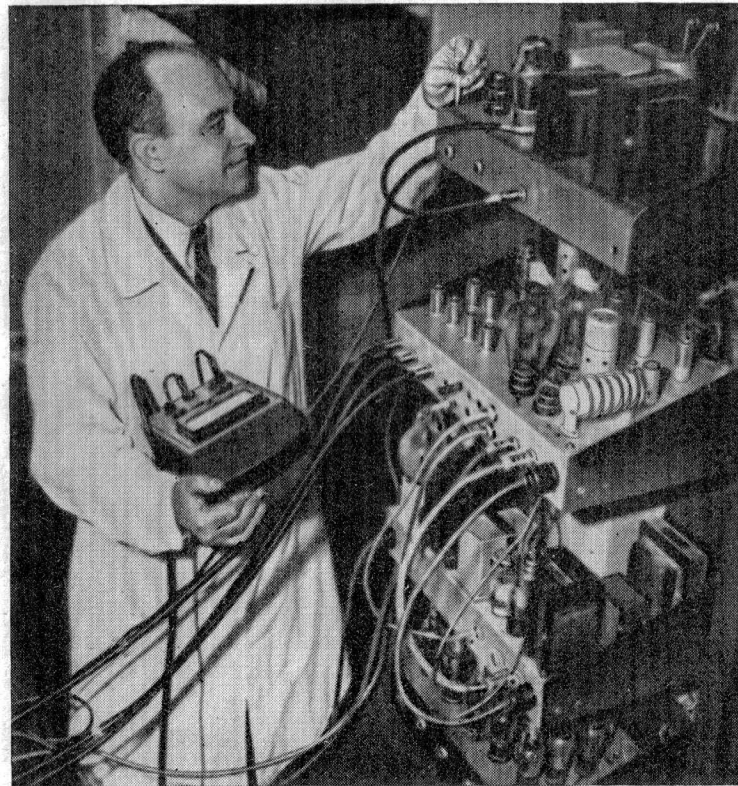
«Доктору Энрико Ферми за его исключительно выдающуюся деятельность по выполнению заданий Военного министерства, за выполнение задач, связанных с большой ответственностью, и за огромные научные открытия, которые он сделал во время разработки самого мощного вооружения всех времен. За то, что он был пионером, первым человеком в мире, который осуществил цепную реакцию, и за то, что он был ассистентом директора лаборатории Манхеттенского инженерного округа вооруженных сил в Лос-Аламосе. Его экспериментальные работы дали огромную пользу, а научные советы, которые были связаны для него с огромной ответственностью, свидетельствуют о его неоспоримом научном превосходстве. Солидные научные мнения доктора Ферми, этого замечательного физика-экспериментатора, инициатива, умение изобретать, непоколебимая преданность делу и чувству долга решающим образом способствовали успеху проекта создания атомной бомбы».

Никогда по одному и тому же следу...

1946—1954. Почти девять лет, проведенных в Чикаго, где семья Ферми чувствует себя дома, где Энрико становится американским гражданином, где он умрет, а его дочь выйдет замуж. В университетском квартале, где виллы из розового камня прячутся среди огромных деревьев на тихих улицах, он будет вести почти провинциальную жизнь.

Всю эту книгу мы посвятили годам юности и становления Ферми как ученого. А рассказ о последней четвер-

* В ночь на 31 декабря 1945 года.



Энрико Ферми в лаборатории.

ти его жизни займет всего несколько страниц. Ибо теперь уже покончено с приключениями, путешествиями, невиданными опытами.

Но хотя эти годы и прошли без внешних эффектов, хотя их можно описать кратко и быстро, это не значит, что они были пустыми. Далеко нет. Человек, историографом которого мы стали, добился того, о чем всегда мечтал: условий для полного расцвета всех своих способностей. Никаких материальных забот. Возможность свободно, полностью посвятить себя двум своим страстям: преподаванию и теоретическим размышлениям. У счастливых людей не бывает биографии. Так и у Ферми этого периода нет биографии.

Сферы теоретической физики, которых Ферми не покидает, обескураживают биографа; мы не можем последовать за ним туда, не можем изложить те необычайные гипотезы, которыми Энрико Ферми завершил свой труд.

Добившись величайших почестей, имея в своем распоряжении чудовищное физическое оборудование современных крупных американских университетов, он мог бы рассматривать преподавательскую деятельность просто как средство зарабатывать хлеб насущный, посвящая ей минимум своего времени. Но нет, он страстно увлекается преподаванием.

В последний год жизни он опять редактирует свой лекционный курс. И эти лекции столь блестящи, что потом их издают типографским способом. Более того, Ферми писал так отчетливо, что книга представляла воспроизведение фотографическим способом его рукописи. Сам факт, что книга «вышла из-под пера автора», без типографского набора, довольно удивителен. Замечательно то, что эти страницы очень понятны. Не думайте, что они написаны каллиграфически: в них часто встречаются подчеркнутые места и даже пространные вставки на полях. Однако это не мешает восприятию текста, наоборот, создается впечатление, что с вами разговаривает живой человек. Этот физик, который на протяжении своей жизни касался стольких разнообразных проблем, в последние двенадцать лет занимался в основном нейтронами. Он мог бы — как почти все другие — продолжать в том же плане. История техники, казалось, обрекла его на строительство реакторов: после войны намечался расцвет в этой отрасли строительной индустрии, а разнообразие реакто-



Лаура и Энрико Ферми в Чикаго в 1954 году.

ров было так велико, что великий физик, безусловно, нашел бы там новые проблемы.

Но ум Ферми всегда был склонен работать над целиной. Поэтому в последние годы жизни его взгляд обращается к еще более далеким таинственным горизонтам, которых он пытался достичь силой своего ума: к физике мезонов, к физике космических лучей.

Замечательная игрушка циклотрон

Следует отметить, что обстоятельства благоприятствовали перемене предмета исследований. Летом 1947 года Чикагский университет начал строительство ускорителя элементарных частиц большой мощности. Новые лабораторные здания — институты для фундаментальных исследований, в том числе Институт ядерных исследований и здание ускорителя, — возвышались как раз против трибун стадиона (в форме башен средневековых замков), где проводился знаменитый опыт 1942 года. Строительство циклотрона, которое было поручено его большому другу Герберту Андерсону, сильно заинтриговало Ферми. Он даже собственноручно сконструировал для циклотрона особый прибор, «тележку Ферми». Эта «тележка» перемещалась вокруг гигантского кольца и могла смещать исследуемый объект, не останавливая циклотрон; человек этого сделать не смог бы.

Когда в 1951 году ускоритель вступил в строй, Ферми с увлечением открыл новую область физики. Нейтроны он знал слишком хорошо. Теперь он принялся за мезоны.

Еще в 1935 году японский физик Юкава высказал предположение, что должны существовать частицы, занимающие по своей массе промежуточное положение между нуклонами (протонами и нейтронами) и малючками-электронами. Эти частицы получили название мезонов. Вскоре частицы, существование которых было выведено теоретически, обнаружили в космических лучах. Это была одна из величайших побед человеческого разума. С тех пор физики, особенно благодаря ускорителям частиц, доказали, что существуют различные виды мезонов, в частности пи-мезоны и мю-мезоны.

При некоторых условиях мезоны выходят за пределы ядер. Этот факт очень важен для понимания ядерной

физики. А вот и другой факт: протоны как будто не могут сосуществовать в одном атомном ядре, поскольку все они, имея положительный заряд, по законам обычной физики должны сильно отталкиваться друг от друга; на деле же они составляют единое целое. Как это объяснить? Вероятно, здесь «ловинны» нейтроны, ибо без нейтронов атомное ядро, ядро из одних протонов, невозможно; кроме того, стабильность атомного ядра зависит от числа нейтронов — определенные их количества обеспечивают максимальную стабильность.

Если сегодня физика мезонов объяснила, и, видимо, окончательно, ранее казавшиеся абсолютно непостижимыми загадки, это произошло главным образом благодаря Ферми и тем «обменным силам», которые он блистательно исследовал.

Предполагается, что каждый нуклон, будь он протоном или нейтроном, постоянно испускает пи-мезоны. Эти излучения происходят между протонами и нейтронами постоянно и с огромной быстротой — каждую 10^{-23} долю секунды (одну стотысячную долю миллиардной доли миллиардной доли секунды). Именно эти обмены отрицательными частицами (которые заставляют протон переходить в состояние нейтрона путем аннулирования его положительного заряда, а нейтрон — превращаться в протон благодаря испусканию отрицательного заряда) и связывают между собой протоны и нейтроны, следовательно, косвенно связывают между собой и протоны.

Этот неожиданный, но очень важный взгляд на явления ядерной физики становится более понятным благодаря следующей картине, которая часто используется популяризаторами. Придумана она самим Ферми. На поле — игроки в регби. Они действуют независимо друг от друга, но их действия все-таки составляют единое целое. Почему? Да потому, что они перебрасывают друг другу мяч. Точно так же мезоны, которыми обмениваются нуклоны, представляют силы сцепления.

Таким образом, Ферми подошел к одной из самых сокровенных тайн природы — к тайне атомного ядра. Впервые разрешив ее благодаря опытам на чикагском ускорителе, он снова вернулся к тем явлениям, с которыми впервые столкнулся в 1934 году в Риме.

Действительно, при расщеплении урана, т. е. при распаде ядра урана на два осколка, высвобождается

часть энергии сцепления: ведь для сохранения единства атомных ядер двух средних элементов требуется меньше энергии, чем для сохранения единства одного тяжелого атомного ядра. И здесь снова поражает сходство с набухшей каплей воды, которая при дальнейшем увеличении распадается на две.

Итак (мы это уже говорили в начале нашей книги), Ферми следует считать одним из видных физиков-ядерщиков. Он изучал энергию ядерного расщепления в самых разнообразных формах, и каждый раз его гений оставлял отпечаток на этих исследованиях.

Сократова смерть

В последние годы жизни Ферми заинтересовался еще одной формой ядерной энергии, точнее корпускулами, обладающими огромной кинетической энергией, — космическими лучами. Откуда берется энергия космических лучей?.. В космическом пространстве носятся — и откуда они появились? — элементарные частицы, обладающие колоссальной энергией, настолько колоссальной, что она подчас в сотни миллионов раз превосходит те энергии, до которых удается разогнать элементарные частицы в наших самых мощных ускорителях. Здесь кроется одна из наиболее волнующих проблем, стоящих перед наукой.

Ферми, занявшись этими вопросами, разработал теорию, вполне удовлетворяющую человеческий ум. Протоны (представляющие собой первоначальную материю вселенной), еще не связанные в атомные ядра, или ядра, выброшенные звездами, следуют по силовым линиям магнитного поля, свойственного нашей Галактике. Как бы с помощью гигантской пращи космические частицы получают ускорение, аналогичное ускорению в наших циклотронах.

«Циклотронный эффект» был тогда только гипотезой. С тех пор гипотеза получила ряд подтверждений, а фактов, ее опровергающих, пока нет. Вот так постепенно устанавливаются научные истины. Если теория Ферми будет окончательно признана, голова великого физика украсится еще одним ореолом славы: ведь долгое время эта проблема не могла найти своего решения, а он на-

шел объяснение всему, добившись победы в области, столь отличной от исследовавшихся им ранее.

Последняя серия опытов, которую ставит Ферми, — это опыты, проводившиеся им совместно с Андерсоном, Розенфельдом, Ореаром и Иодом, по взаимодействию между нуклонами и пи-мезонами, или пионами, как начали говорить по примеру Ферми, который предложил упростить названия: пи-мезон называть просто пионом, мю-мезон — мюоном.

Летом 1954 года Ферми, хотя и очень усталый, отправляется в Европу, где участвует в работах конференции по пионам в Варесе и в семинаре по космическим лучам в Уше (долина Шамони). Оттуда он поднялся в лабораторию космических лучей «Коль-де-Миди», удовлетворив этим восхождением одновременно две страсти: физика и альпиниста.

Измученным и похудевшим возвращается Ферми в Чикаго. Он покорно позволяет врачам капитально исследовать себя. И врачи определяют у него рак пищеварительного тракта, причем в запущенной форме, когда операция уже бессмысленна.

Он все понимает, все знает. Его «сократовское спокойствие», по выражению одного из очевидцев в эти трагические недели, производит глубокое впечатление на всех окружающих.

29 ноября 1954 года, едва перевалив за пятьдесят три года, умирает тот, о ком Сегре сказал: «Никто более него не парил над горными вершинами».

Летом следующего года на Первой женевской конференции по мирному использованию атомной энергии Сиборг, открывший большинство трансурановых элементов, сообщил, что выделил из пепла атолла Энвенток после взрыва первой водородной бомбы следы элемента 100, и предложил конференции присвоить этому элементу название фермий.

Так одно из величайших имен атомной физики навсегда засверкало не только в классификации элементарных частиц, но и на фронте периодической системы элементов.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к русскому изданию	3
Христофор Колумб атомной эпохи	6
Глава первая. Так разгадывали тайны атома	9
Химия требовала атом...	10
...и физика дает его	12
Замороженная энергия	13
Пудинг с изюмом... или, скорее, солнечная система?	15
Глава вторая. Многообещающая юность	17
Яростная жажда знаний	20
Пизанские «проказники»	23
Еще до совершеннолетия	25
Странный молодой человек	27
Ключ к атомам	28
В пантеоне физиков	30
Глава третья. Так рождается школа	33
Два профессора для единственного студента	34
«Банда логарифмов»	37
«Мальчуганы» Корбино	39
Глава четвертая. «Папа римский»	42
На подходе к атому	43
Отец «квантовой электроники»	46
«Малютка Пежо»	48
В треуголке с пером	51
Глава пятая. Физика принимается за атомное ядро	54
А если существует и третий вид кирпичей?	56
Мечта алхимиков осуществляется	58
Человек воздействует на ядро атома	60
Час Ферми настал	62
Глава шестая. Новая алхимия	65
Их опыты...	66
...это дело рук мастера	68
Изобилие новых изотопов	70
Как анализировать то, что не поддается взвешиванию?	72
Глава седьмая. «Да это черная магия!»	75
Есть от чего сойти с ума	77
Ядерные столкновения	79
Ключ к воротам замка	81
Золотые рыбки профессора Корбино	83
Глава восьмая. Его величество уран	86
Дело об «элементе 93»	87
Группа наслаждается	91

Триумф и изгнание	94
Великий момент истории	96
Глава девятая. В Новом свете	97
Европа подает мяч...	100
...и Америка подхватывает его	103
Нейтроны, которые нам даны	105
Глава десятая. Солнце Аустерлица	108
Но реакция быстро затухает	109
Когда физик становится инженером	111
«Стена угля...»	113
«Бригада самоубийц»	116
Повышение коэффициента K	120
Победа и фиаско	123
Глава одиннадцатая. В «поселке Игрек»	125
Эксперт № 1	127
Эджин Фармер	129
В запретном городе	130
Дракон извергает пламя	132
Глава двенадцатая. В Пантеоне атома	134
Разве можно обрести покой?	136
Никогда по одному и тому же следу...	138
Замечательная игрушка циклотрон	142
Сократова смерть	144

П. Лягиль

ЭНИКО ФЕРМИ

Тематический план 1965 г., № 79

Редактор **А. Ф. Алябьев**

Художественный редактор

А. С. Александров

Техн. редактор **Н. А. Власова**

Корректор **Л. И. Черватенко**

Сдано в набор 30. VI. 1965 г.
Подписано в печать 29. IX. 1965 г.
Бумага 84×108^{1/2}. Физич. печ. л. 4,62.
Привед. п. л. 7,7. Уч.-изд. л. 7,6.
Заказ изд. 1346. Тираж 36.000 экз.
Цена 53 к. Заказ тип. 844.

Атомиздат, Москва, Центр,
ул. Кирова, 18.

Типография изд-ва «Московский рабочий»,
Москва, Петровка, 17.