

Перелетная птица

Воспоминания физика

Р. Пайерлс

Рудольф Пайерлс — английский физик-теоретик, автор многочисленных уже ставших классическими работ по квантовой механике, квантовой электродинамике, теории твердого тела, магнетизму, ядерной физике. Он член Лондонского Королевского общества, почетный профессор Оксфордского и Вашингтонского университетов. Автор хорошо известных у нас книг «Законы природы» (М., 1962) и «Сюрпризы в теоретической физике» (М., 1988).

По совету Н. Зикики, организатора всемирно известных летних школ в Эриче, Пайерлс написал книгу — о физике, физиках и о себе¹. «Он знал всех в тесном мире физиков предвоенных лет и восхитительно рассказал о своих многочисленных друзьях», — так отозвался Н. Мотт об этой книге воспоминаний, которую автор назвал «Перелетная птица». И не случайно. География жизни Р. Пайерлса многообразна — Мюнхен, Лейпциг, Цюрих, Копенгаген, Рим, Кембридж, Бирмингем, Лос-Аламос ... А за этими названиями такие звучные для слуха любого физика имена: А. Зоммерфельд, В. Гейзенберг, В. Паули, Н. Бор, Э. Ферми, П. Дирак, О. Фриш, Р. Опенгеймер.

По просьбе редколлегии «Природы» Р. Пайерлс сам выбрал для публикации главы из своей книги — о раннем этапе работ над ядерным оружием. Мы публикуем их (с сокращениями) на исходе юбилейного для всех его создателей года. Пятьдесят лет назад соответствующими правительственными постановлениями были образованы Лос-Аламосская лаборатория в США и Лаборатория № 2 у нас в стране (в будущем Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова), в которых полным ходом начались работы по созданию ядерной бомбы деления. Этому предшествовали годы исследований, результаты которых стали основой для реализации атомных проектов. Так или иначе к этим работам оказался причастен весь цвет физики того времени. Среди участников Манхэттенского проекта был и Пайерлс, который вместе с О. Фришем дал оценку критической массы урана-235 и стал инициатором работ по ядерному оружию в Англии. Об этом, английском, периоде исследований и пойдет речь в предлагаемой публикации.

ВОЙНА

Возможна ли атомная бомба? В 1939 г. физики были взбудоражены известием об открытии деления урана, сделанном в Берлине Отто Ганом и Фрицем Штрассманом. Лизе Майтнер (близкая сотрудница Гана вплоть до момента, когда из-за ее еврейского происхождения ей пришлось покинуть Германию) со своим племянником Робертом Фришем дала объяснение экспериментальным результатам Гана. Они оценили энергию, высвобождающуюся при расщеплении ядра урана. Фриш выполнил первые опыты по идентификации осколков, на которые распадается ядро урана, и предложил для нового явления название «деление». Высказывалось предположение — потом оно было доказано несколькими физиками (первыми среди которых, по всей видимости, были фон Хальбан², Жолио и

Коварски в Париже) — о том, что в этом процессе возникают новые нейтроны, т. е. что цепная реакция становится возможной. Научно-популярные журналы того времени были полны рассуждений об атомной бомбе, при этом техническим деталям не уделялось никакого внимания.

Уверенность появилась, когда Нильс Бор вместе с Джоном Уилером из Принстона создали теорию процесса деления и показали, что деление под действием медленных нейтронов происходит исключительно за счет редкого изотопа урана — урана-235. Это означало, что для прохождения цепной реакции в обычном уране потребовалось бы очень много самого вещества. В этом случае при цепной реакции нейтронам пришлось бы проходить большие расстояния и процесс был бы достаточно медленным. По мере выделения энергии уран должен нагреваться и испариться еще до того, как цепная реакция зайдет достаточно далеко. Даже если бы цепная реакция и оказалась возможной, она не смогла бы привести к созданию атомной бомбы.

Мои собственные исследования дета-

¹ Peierls R. Bird of Passage (Recollections of a Physicist). Princeton, 1985.

² В отечественной литературе принято написание Ханс Халбан. — Примеч. пер.

лей цепной реакции основывались на неправильном рассуждении. Тогда я еще не понимал главной особенности цепной реакции — существования четко выраженного критического размера. Цепная реакция протекает, когда один начальный нейтрон порождает в среднем более одного вторичного нейтрона. Если размер тела невелик, шансы нейтрона покинуть его без столкновений большие и, следовательно, скорость размножения нейтронов мала; но если размер урана больше критического (такой, при котором доля нейтронов, покидающих кусок урана, в точности равна доле возникающих в нем нейтронов), то цепная реакция нарастает до бесконечности, а точнее — до изменения условий.

Я прочел статью французского теоретика Франсиса Перрена, в которой он вычислял критический размер через ядерные константы. В качестве приближения Перрен использовал предположение о том, что размер тела много больше длины свободного пробега нейтрона, т. е. среднего расстояния, пробегаемого нейтроном до столкновения. Я думал, что резкое различие в поведении цепной реакции при докритических и сверхкритических условиях может быть связано именно с этим допущением. Однако вскоре я убедился, что представление это было неправильным, но зато оно побудило меня попытаться решить задачу более точно. Решение действительно оказалось возможным — в том простом случае, когда сечение (т. е. вероятность столкновения нейтрона с ядром) не зависит от энергии нейтрона. Это придало моим вычислениям довольно академический характер, поскольку деление урана наблюдалось только с медленными нейтронами, для которых сечение сильно зависит от энергии. Однако расчет был очень простым и, вероятно, мог служить основой для более реалистичных вычислений.

Я описал свои результаты в короткой статье, но у меня появились сомнения относительно целесообразности ее опубликования — статья эта могла повлиять на создание ядерного оружия. И я решил посоветоваться с Фришем, который летом 1939 г. приехал в Бирмингем. Война казалась неминуемой, возникла опасность оккупации Дании нацистской армией, Копенгаген едва ли был безопасным местом для беженца-еврея, и Фриш приехал в Бирмингем, чтобы выяснить возможность устроиться там на работу. Начавшаяся война сделала невозможным его возвращение домой, и он остался в Бирмингеме на временной преподавательской работе. Фриш не увидел

причин не печатать мою статью, поскольку Бором была доказана нереальность создания атомной бомбы.

Потом вдруг (это было в феврале 1940 г.) Фриш сказал: «Допустим, что кто-то даст вам некоторое количество чистого изотопа урана-235 — что тогда?». И мы стали рассматривать последствия такого предположения. Из работы Бора и Уилера как будто бы следовало, что каждый нейтрон, попадающий в ядро урана-235, должен вызывать его деление. Поскольку число вторичных нейтронов, возникающих при каждом делении, было приближенно измерено, у нас были все данные, необходимые для подстановки их в мою формулу для критического размера, и мы были поражены, каким малым оказался этот критический размер. Мы вычислили, что критическая масса должна быть около фунта, тогда как расчеты для природного урана давали величины порядка нескольких тонн. Позже оказалось, что наша оценка занижена (потому что в то время мы еще не знали, что некоторые из нейтронов, сталкивающихся с ядрами урана-235, будут захватываться ядрами, не вызывая их деления), однако порядок найденной нами величины оказался правильным.

Пока что без ответа оставался вопрос, насколько далеко пойдет цепная реакция до того, как увеличивающееся давление разбросает уран. Грубый расчет, выполненный на обороте легендарного конверта, показал, что расщеплению должна подвергнуться заметная доля урана и что выделившаяся энергия, следовательно, будет эквивалентна тысячам тонн обычной взрывчатки. Мы были просто потрясены этим результатом: атомная бомба возможна, по крайней мере в принципе. В качестве оружия она настолько разрушительна, что с военной точки зрения будет вполне целесообразным построить завод для разделения изотопов. Совершая типичную недооценку военных расходов, мы сказали друг другу: «Даже если стоимость этого завода будет равна стоимости военного корабля, все равно будет смысл его построить».

Из того, что мы знали, следовало, что немцы уже могли работать над таким оружием, и мысль о том, что Гитлер получит его первым, казалась ужасающей. Нашим долгом было поставить в известность об этом британское правительство. В то же время наш вывод следовало хранить в тайне: если немецкие физики еще не сделали этого открытия, то привлекать к нему их внимание мы не хотели.

Фриш и я сели писать меморандум,

излагающий проведенный нами анализ и выводы. Он состоял из двух частей: одна была технической и содержала аргументы, другая была нетехнической и излагала выводы. Мы обсуждали радиоактивность и распространение радиоактивных осадков и указывали на то, что применение оружия такого рода приведет, вероятно, к гибели большого числа гражданских лиц, «и это может сделать атомную бомбу непригодной для использования в качестве оружия Великобританией». Однако поскольку от нее нет иной защиты, кроме угрозы возмездия тем же оружием, есть смысл создать ее в качестве средства сдерживания, даже если нет намерения применять ее в качестве средства нападения.

Мы не решились доверить этот документ машинистке. Мы напечатали его сами, а точнее, напечатал его я, поскольку у меня была пишущая машинка и я умел с ней обращаться. Когда мы работали над меморандумом в моем кабинете в одноэтажном здании Наффилдской лаборатории, произошел занятный случай. Стоял теплый весенний день, и окно кабинета было открыто. Когда мы обсуждали формулировки этого документа, в окне, словно ниоткуда, вдруг появилась чья-то голова. Мы были ошеломлены. Однако «шпион» оказался лаборантом, который посадил вдоль южной стены лаборатории несколько кустов помидоров и в свободную минуту ухаживал за ними. На наш разговор он, разумеется, не обратил никакого внимания.

Мы сделали только одну копию этого меморандума. Когда эти вопросы перестали быть секретными, нетехническая часть меморандума оказалась, как думали тогда, утраченной. Техническую часть Маргарет Гоуин воспроизвела в своей книге «Британия и атомная энергия. 1939—1945 гг.» (издательство «Макмиллан», 1964 г.). Позже копия второй части меморандума нашлась в бумагах сэра Генри Тайзарда — она была опубликована в биографической книге «Тайзард» Рональда Кларка (издательство «Метуэн», 1965 г.).

Мы не знали ни как послать секретное сообщение, ни, в нашем случае, кому послать его. Мы отдали наш меморандум Олифанту, который обещал передать его нужному человеку. Нужным человеком был Тайзард, который передал бумаги Дж. П. Томсону (теперь — сэр Джордж Томсон), который был тогда председателем комитета, занимавшегося исследованием возможности цепной ядерной реакции. Комитет этот был на пороге самороспуска. Изучали там главным образом роль медленных нейтронов, для

получения которых испускаемые в процессе деления быстрые нейтроны нужно было замедлять с помощью «замедлителя» — легкого вещества, атомы которого при столкновениях с ними нейтронов отбирают у последних часть их кинетической энергии, сами приходя в движение. Многие легкие вещества оказались непригодными на эту роль из-за того, что они поглощают слишком много нейтронов, однако углерод в форме графита казался подходящим кандидатом. Комитет проследил за несколькими экспериментами с ураном и графитом и пришел к выводу, что захват нейтронов в графите все же слишком велик. Члены комитета не видели немедленных перспектив для успеха.

В результате появления нашего меморандума деятельность комитета была продолжена. Фактически наш меморандум спас комитет от роспуска. Сначала мы ничего не знали об этом комитете: все, что нам сообщили — это было переданное через Олифанта послание, в котором от имени властей нам выражалась благодарность за наш меморандум, однако нам давали понять, что впредь эта работа будет продолжена другими, а мы как находящиеся на британской территории бывшие или настоящие подданные враждебного государства ничего о ней больше не узнаем.

Такое решение показалось нам нелепым. Я написал председателю комитета (личность которого мне тогда была еще неизвестна) письмо, в котором указывал, на то, что Фриш и я уже много думали над этой проблемой и могли знать ответы на многие важные вопросы. Люди же, которые не поняли важного утверждения, сделанного в нашем меморандуме, могут не понять и других важных вещей. Проблема казалась нам требующей срочного решения, по крайней мере до того момента, когда будет доказано, что создать атомную бомбу невозможно. Под влиянием этого моего письма вердикт был изменен и было решено посвятить нас в полной мере. Сначала мы не были допущены в комитет, обсуждающий эти вопросы, однако потом структура этой организации была изменена. В ней появился комитет текущих вопросов, а в нем — технический подкомитет для проработки технических проблем. Фриша и меня сделали членами этого подкомитета, что нас вполне удовлетворило.

Комитет M. A. U. D. Комитет получил название «Комитет M. A. U. D.»; происхождение этого названия было довольно занятным. На одном из первых заседаний члены комитета пытались найти для него кодовое название, которое не выдавало бы его целей.

На этом же заседании комитету было сообщено о послании, полученном от Нильса Бора. Когда немцы вторглись в Данию, Лизе Майтнер случайно оказалась с визитом в Копенгагене, но ей удалось выбраться оттуда и вернуться в Стокгольм. Когда она уезжала, Бор попросил ее послать из Швеции телеграмму его другу в Англию и сообщить ему, что у Бора и его семьи все в порядке и что они не пострадали при оккупации. Телеграмма кончалась словами: «Сообщите Кокрофту и Мод Рэй Кент». Это звучало загадочно. Если предполагалось, что получатель знает Мод Рэй, то зачем добавлять название графства Кент? Если он ее не знает, то «Кент» вряд ли будет достаточно полным адресом. Некоторые из членов комитета поэтому предположили, что здесь имеется скрытое послание, возможно, анаграмма. Кто-то «расшифровал» эту анаграмму как сообщение об уране. Фриш и я были настроены скептически. Зная Нильса Бора, мы считали достаточно маловероятным, что бы он мог послать сообщение таким способом, а что касается «расшифровки» анаграммы, мы написали с полдюжины альтернативных «решений», столь же «правдоподобных», как и первое.

Когда во время войны мы снова встретились с Бором, то спросили об этой телеграмме, однако он все уже забыл. Уже после войны мы увиделись с Лизе Майтнер, и она разрешила нашу загадку: при передаче часть текста телеграммы выпала. В первоначальном виде между словами «Рэй» и «Кент» стоял полный адрес бывшей гувернантки семьи Боров, оканчивавшийся словом «Кент». Во всяком случае на том заседании комитета под влиянием этой загадки было решено назвать его «Maud Committee» или, более официально, «M. A. U. D. Committee». Увы, многие из имевших отношение к комитету были уверены, что эти буквы расшифровываются как «Military Applications of the Uranium Disintegration» — «Военные приложения распада урана»!

Мы очень подружились с Фришем, поселившимся в нашем доме, который сильно опустел после эвакуации детей со школой. По выходным мы обычно отправлялись в долгие прогулки по окрестностям. Часто на поезде мы добирались до какого-нибудь места в холмах, окружающих Бирмингем, а домой возвращались с другой станции. Мы с Фришем провели много времени за обсуждением различных проблем, например — относительных достоинств различных методов разделения изотопов. Простейшим из них нам казался метод термодиффузии, разработанный в Германии Клю-

зиусом и Диккелем. Если газовую смесь нагревать на одном конце и охлаждать на другом, то один из концов будет слегка обогащен легкой компонентой. Это явление, теоретически уже рассматривающееся Максвеллом, для теоретиков является крепким орешком, потому что для реальных газов практически невозможно предсказать величину этого эффекта и даже предсказать, какой из концов будет обогащен легким изотопом. Много позже мы обнаружили, что по занятному совпадению одним из немногих физиков, сделавших делом своей жизни изучение этого явления, оказался доктор Иббс — старший сотрудник физического факультета Бирмингемского университета. Метод этот прост, когда его можно применить, однако он очень энергоемок, а установление равновесия требует много времени. В конце концов было обнаружено, что для гексафторида урана, единственного газообразного соединения урана, этот эффект практически равен нулю.

После обсуждения нескольких альтернатив мы пришли к выводу, что самым многообещающим является метод диффузии газа через мембраны с тонкими порами. Этот метод был использован немецким физиком Густавом Герцем, хотя он и давал очень небольшой выход даже для газов, у которых относительная разность масс изотопов была гораздо больше, чем у урана-235 и урана-238, т. е. гораздо больше 1 %. Задача осложнялась еще и высокой коррозионной способностью гексафторида урана, который при контакте с водяными парами распадается на низшие фториды, из-за чего требуется тщательная изоляция этого соединения от контакта с влажным воздухом.

Было ясно, что самая неотложная задача — это найти человека, который организовал бы экспериментальную работу по разделению изотопов. Томсон вскользь упомянул о своем коллеге, который мог бы взяться за это дело. Но кандидатура эта испугала меня: я знал его, он был прекрасный человек, но не обладал требуемой энергией и напористостью. Я знал подходящего человека, это был Франц (позже сэр Фрэнсис) Саймон из Оксфорда. Он был беженец из Германии, специалист по термодинамике и низкотемпературной физике. Я отправился на встречу с Чэдвиком, одним из старших членов томсоновского комитета, который независимо предложил начать работы с быстрыми нейтронами. Чэдвик принял меня в своей обычной, несколько рассеянной манере. Он сразу же согласился со мной и убедил Томсона привлечь к работе Саймона.

К заседанию Технического подкомитета в сентябре 1940 г. я подготовил несколько докладов, детально описывавших выводы (к которым мы с Фришем пришли на тот момент) и обоснование этих выводов. Поскольку в докладах было много математических формул, а обслуживающий персонал комитета не располагал техническими средствами для их печатания, меня попросили сделать копии в Бирмингеме. Было условлено, что текст шаблонов для копирования будет отпечатан поилой секретаршей Олифанта, мисс Хитч, а я впишу в него формулы. Это создало некоторые трудности, так как мисс Хитч работала в здании Наффилдской лаборатории, куда я не мог попасть из-за отсутствия допуска к радарным работам. Решение было найдено с помощью диктофона (эддисоновского, с восковым валиком), на который я наговаривал текст и с которого мисс Хитч печатала.

Затем вся пачка копий была отправлена почтой в Лондон — как секретные документы, разумеется. Однако это было время частых воздушных налетов на Лондон, и работа почты была дезорганизована. Наши бумаги застряли где-то в горах почтовых мешков на Юстонском почтамте, и не было никакой надежды извлечь их оттуда. К счастью, у мисс Хитч сохранились шаблоны, и ей удалось сделать еще несколько копий на использованных шаблонах, густо испачканных краской, что было не очень-то приятным занятием. В результате я оказался в состоянии вручить копию каждому из участников заседания.

Фриш перебрался в Ливерпуль для работы с Чэдвиком над данными ядерных реакций. Там трудности, связанные с его статусом «подданного враждебного государства», усугубились еще более. Ливерпуль был закрыт для таких лиц, и Фришу пришлось получать специальное разрешение на проживание в Ливерпуле. Кроме того, действовал комендантский час, и требовались разрешения нахождение на улице в ночное время, на пользование велосипедом и еще на целую кучу других вещей. И все это при том, что Фриш работал над одним из самых секретных военных проектов! Эти трудности он описал в своей книге «Как мало я помню» (издательство «Кембридж юниверсити пресс», 1979 г.), описал с юмором и без горечи.

Я понял, что мне потребуется больше времени для решения многих срочных теоретических задач, и попросил освободить меня от преподавательской работы. Эта просьба была удовлетворена, и на преподавание вместо меня был приглашен из Имперского

колледжа молодой физик-теоретик Дж. Г. Кинч. По моральным соображениям он отказался и от воинской службы, и от работы над военными темами. Сначала его назначение предполагалось быть временным, но в результате он оставался на этом месте до 1952 г. Ассистентом был взят В. Гепнер, оказавшийся свободным благодаря тому, что он был иностранец. Моя занятость проблемами атомной энергии не помешала мне время от времени беседовать с ним о проблемах ядерной физики, и мы вместе опубликовали одну небольшую статью, которой я был вполне доволен.

Когда Франция пала, Ханс фон Хальбан и Лев Коварски, работавшие в Париже с Жолио, покинули страну на грузовом судне. Они прибыли в Англию с грузом тяжелой воды, полученной из Норвегии, где находился единственный в мире завод, производивший ее в значительных количествах. Жолио решил остаться во Франции, французская группа ученых сосредоточила свои усилия на задаче получения цепной реакции с медленными нейтронами, причем в качестве замедлителя использовалась тяжелая вода. В некоторых отношениях она является идеальным замедлителем, поскольку дейтерий очень легок и поэтому эффективно замедляет нейтроны, а коэффициент захвата нейтронов дейтерием очень мал, как и коэффициент захвата нейтронов кислородом. Главным недостатком этого метода является то, что в природе тяжелая вода встречается лишь в виде крайне малой добавки к обычной воде, из-за чего ее приходится выделять методом разделения изотопов.

В Кембридже Хальбану и Коварски была дана возможность продолжить в лаборатории их работы с тяжелой водой. Созданная ими группа работала в контакте с кембриджскими физиками, в то время уже проводившими эксперименты. Эта работа дополняла собой работу Чэдвика. В эту группу входили, в частности, Н. Фезер, Э. Бретшер и теоретик Н. Кеммер.

Хальбан был сильной личностью, он не отвлекался в своем стремлении к целям, которые он считал важными, был нетерпелив, когда встречался с препятствиями и задержками, и, как говорили некоторые, ценил быстроту выше точности. В предвоенную эпоху быстрого развития нейтронной физики он написал несколько статей совместно с швейцарским физиком Прайсверком. Один из работавших в этой же области шутников назвал эти статьи «Хальбверк унд прайсан» (работа незаконченная и носящая рекламный характер). Другая шутивная оцен-

ка возникла, когда члены кембриджской группы в свободную минуту решили придумать «знаменитые последние слова» для каждого из участников группы. Для Хальбана это оказались слова: «Пусть это будет самым важным». Я не помню девизы других членов группы, кроме Бретшера, который любил жаловаться на здоровье. Никто не мог придумать для него хороший девиз, пока однажды утром он сам не вошел в лабораторию со словами: «Не знаю, что со мной сегодня, я чувствую себя так хорошо!».

Для французской группы было типичным брать патенты (несомненно, по инициативе Хальбана) на результаты по получению энергии при делении ядер, начиная с самой ранней стадии исследований, и во время работы в Англии Хальбан и Коварски подали заявки на свои следующие патенты. Хальбан был обаятельный человек и очень хорошо относился к работавшим с ним молодым людям. При этом, естественно, всегда подразумевалось, что боссом является он. Родом он был из Австрии, физику изучал в Цюрихе, а позже перебрался в Париж. Женат он был на живой и очаровательной датчанке Эльс.

Коварски был совсем другим. Настоящий медведь, он так и не избавился от своего русского акцента, хотя английским (и другими языками) владел в совершенстве. В дискуссиях он был не так быстр на реакцию, как Хальбан, из-за чего все переговоры с властями брал на себя Хальбан. В результате власти склонялись к тому, чтобы всю группу рассматривать как «Хальбан и др.» Коварски это обижало, потому что его вклад в общее дело был значителен. Хотя он понимал, что важно, а что нет, массу времени и сил он тратил на мелочи. В мелких денежных делах он был скуповат.

Когда правительство решило финансировать работу этой группы, были некоторые сомнения в правильности такого использования ресурсов в военное время, поскольку цепная реакция на медленных нейтронах — объект этих исследований — могла дать не оружие, а лишь источник энергии. Было, однако, решено, что даже новый источник энергии может иметь важные военные приложения. Кроме того, Фезер и Бретшер теоретически показали, что новый элемент плутоний, образующийся в ходе цепной реакции на медленных нейтронах при захвате нейтронов ураном-238, в качестве ядерной взрывчатки не уступает урану-235, а может быть, и превосходит его.

У меня было несколько тем, которыми занималась также и группа в Кембридже, и я несколько раз ездил туда. Мое наиболее

тесное сотрудничество было, однако, с Саймоном и его сотрудниками из Оксфорда, потому что я понимал, что главную трудность представляет разделение изотопов. Саймон вырос в Берлине, и он обладал типичным для берлинца едким юмором. В первую мировую войну он воевал в германской армии. К тому времени, когда я с ним познакомился, у него была уже округлая фигура и очень немного волос, однако черты его лица были тонкими. В общении с людьми он был очень внимателен. Его ученики и сотрудники обожали его. В его работах проявилось сочетание глубокого и детального знания физики и приборов и большого здравого смысла, который не позволял ему увязнуть в ненужных сложностях. Я помню случай, когда мы с Саймоном обсуждали один метод, который, по моему мнению, не должен был работать, а по его мнению — должен. Мы уже очень увлеклись спором, когда он вдруг остановился и сказал: «А вот теперь вы отстаивайте этот метод, а я буду его опровергать!».

Он плохо переносил жару и холод, и мы шутили, что это связано с его увлечением термодинамикой: подобно термодинамическому состоянию или фазе, он обладал температурным интервалом, ограниченным нижней и верхней «точками Саймона», но они были очень близки друг к другу. На заседания он всегда брал с собой шапку и шарф и надевал их — с извинениями, когда ему становилось слишком холодно или когда сквозняк оказывался для него слишком сильным.

До 1933 г. физика в Оксфорде была не очень сильна, и глава Кларендонской лаборатории профессор Линдеман (позже лорд Черуэлл), понимал это. Когда в Германии многие первоклассные физики потеряли работу, он увидел возможность помочь им и одновременно укрепить свою лабораторию. Вакантных должностей не было, но он убедил «Империал кемикл индастриз» — большую химическую компанию — пожертвовать деньги на несколько исследовательских ставок, которые были предоставлены отобранным им беженцам. Таким образом, в Оксфорд попал Саймон, а также Николас Курти (ближайший сотрудник Саймона) и спектроскопист Генрих Кюн. Курт Мендельсон — другой специалист по физике низких температур, который прежде работал с Саймоном, приехал в Оксфорд раньше. Со временем все эти ученые получили постоянные университетские должности. Их прибытие превратило лабораторию в центр мирового уровня.

Курти, Кюн и несколько аспирантов присоединились к Саймону в его работе на комитет М. А. У. Д. Самым способным среди этих аспирантов был Г. С. Армс (обладатель американской стипендии имени Родса), который прибыл в Оксфорд всего на два или три года. В действительности же он проработал в группе Саймона всю войну и остался в Англии до конца своих дней, женившись на хорошенькой секретарше Саймона. Дела хватало всем: нужно было найти или изготовить мембраны с достаточно мелкими порами, научиться измерять поры данной мембраны, научиться определять свойства используемого газа, обращаться с ним и многое, многое другое.

Передо мной встала также куча теоретических задач, из которых не все удалось решить достаточно быстро. Иногда помощь приходила с неожиданной стороны. Дирак, интересовавшийся задачей разделения изотопов еще со времени его ранних экспериментов, написал статью, в которой вычислил работу, необходимую для обогащения заданного количества вещества до заданной концентрации одного из его изотопов, и вклад в эту работу данного устройства. Он ввел в практику понятия «потенциал разделения» и «способность разделения», которые повсеместно стали использоваться для того, чтобы, не вдаваясь в конструктивные особенности установок, определить, сколько установок данного типа должен иметь обогащательный завод с заданными показателями работы. Морис Прайс, блестящий теоретик из Кембриджа, работавший под руководством Макса Борна (и женившийся на его дочери), в те годы работал в Ливерпуле и получил несколько полезных результатов, касающихся расчета эффективности цепной реакции взрыва.

Однако мне была нужна и регулярная помощь — помощь со стороны человека, с которым бы я мог обсуждать теоретические детали. Я занялся поисками такого человека и вспомнил о Клаусе Фуксе. Это был немец; студентом он активно участвовал в политической жизни в качестве члена социалистической студенческой группы (фактически — коммунистической). Под угрозой смерти Фуксу пришлось бежать от нацистов. Он попал в Англию, где работал в Бристоле у Невиля Мотта, закончил свою докторскую диссертацию и сделал несколько превосходных работ по электронной теории металлов и другим аспектам физики твердого тела. Я знал его статьи — они мне нравились, я был знаком и с ним самим. Фукс переехал в Эдинбург, а когда началась война, его интернировали и выслали в Ка-

наду. Интернированных везли на двух кораблях, один из которых (не тот, на котором плыл Фукс) был потоплен немецкой подводной лодкой. Документы на всех интернированных оказались на потопленном судне, так что когда уцелевшее судно прибыло в Канаду, ни о ком из них никаких сведений уже не было. Поскольку Фукс не был евреем, его отделили от остальных беженцев и поместили в лагерь вместе с заядлыми нацистами, которых он глубоко ненавидел.

Спустя некоторое время Фукс был освобожден и вернулся в Эдинбург. Он вполне обладал качествами, которые мне казались необходимыми, и я решил, что он будет рад участвовать в проекте, целью которого было опередить Гитлера. Я спросил его, хочет ли он присоединиться к нам. Я не мог рассказать ему, что это был за проект, пока мне не было это разрешено, но в общих чертах описал ему, о какой теории идет речь, и он согласился работать с нами.

Когда я запросил официальный допуск для Фукса, меня сначала проинструктировали, чтобы я говорил ему как можно меньше — только то, что абсолютно необходимо для работы. Я ответил, что если не смогу быть с ним совершенно открытым, то пользы от него для меня не будет никакой. Положенным образом он получил полный допуск и начал работать в мае 1941 г. Помощь в исследованиях, которую я от него получил, оправдала мои надежды. Появление его, однако, имело трагические последствия, о которых теперь известно всем.

Фукс поселился у нас в доме. Это был человек, с которым приятно иметь дело. Он был вежлив и выдержан. И довольно молчалив, если вы не задавали ему вопросов, но будучи спрошенным, он давал полный и четкий ответ; за это качество Жена прозвала его «торговым автоматом». Бывали краткие периоды, когда ему нездоровилось. Тогда он не ходил на работу, оставался в постели или проводил время в шезлонге в саду, не проявляя никакого интереса к пище. Но через день или два это проходило. Настоящую причину этих приступов мы поняли лишь много позже.

С его помощью моя работа пошла быстрее. Одной из задач, представлявших для нас сложность, оказалась задача оценки времени установления равновесия на заводе по разделению изотопов. Это — время между началом процесса и моментом достижения проектной концентрации выходного продукта. Оно также характеризует срок, необходимый заводу для отклика на изме-

нения рабочих условий. Если оно окажется слишком большим, порядка нескольких недель, то заводом будет очень трудно управлять. Было ясно, что время установления равновесия зависит от «загрузки», т. е. от количества вещества, находящегося на заводе в произвольный момент. О точном расчете этого времени не было и речи — численный расчет его был слишком трудоемким.

Мы знали, что эту задачу можно было решить на созданном Хартри дифференциальном анализаторе, и попросили его решить наше уравнение. Это можно было сделать, не объясняя смысла уравнения, что избавляло нас от необходимости пользоваться секретной почтой. Хартри согласился сделать для нас эту работу, но предупредил, что она потребует некоторого времени, потому что у него были другие срочные задачи, да и для представления уравнения в виде, пригодном для его машины, требовалась некоторая подготовительная работа.

Тем временем нам оставалось лишь полагаться на правильную догадку. Однако предположение, которое я принял, оказалось неправильным. Верный ответ заключался в том, что время установления равновесия равно времени, за которое интегральный выход легкого изотопа сравняется с полным содержанием легкого изотопа на заводе. Интуитивно мне казалось, что из-за того, что вещество движется туда и сюда по ступеням производства, это время следует умножить на некоторый коэффициент. В результате я завысил время установления равновесия, или, другими словами, занижил допустимую нагрузку. В связи с этим Саймону пришлось прилагать героические усилия, чтобы сделать конструкцию завода компактной и избежать лишних транспортеров и промежутков в технологической линии, которые увеличили бы нагрузку. Это было ненужным усложнением конструкции, однако по крайней мере некоторые из получившихся особенностей конструкции обернулись преимуществами, позже использованными на послевоенном британском заводе для разделения изотопов.

Другим вопросом, который решался в это время, был вопрос о том, можно ли создать эффективный компрессор для рабочего газа. Поскольку газ был очень тяжел, скорость звука в нем была мала, и лопатки ротора (импеллера) компрессора легко могли оказаться двигающимися в газе со сверхзвуковой скоростью. Это, а также необычно большая теплоемкость такого газа создали условия, которые в инженерной

практике обычно не встречаются. В этой ситуации я нуждался в совете, и мне сказали, что одним из экспертов в данной области является профессор из Ливерпуля Л. Розенхед, который тогда работал в военной лаборатории в Кардигане. Я договорился о встрече с ним. Розенхеда заинтересовала задача, для обсуждения которой я к нему приехал, но он признал, что она выходила за рамки его опыта. Однако он предложил несколько путей для ее решения, так что поездка оказалась все же полезной.

Этот визит имел последствия, которые прекрасно иллюстрируют причуды человеческой памяти. Во время нашей беседы присутствовал коллега Розенхеда, доктор Слэйтер. Когда в 1956 г. я приехал в Корнеллский университет, я посетил там Хилтона, английского математика, моего хорошего знакомого. У него был другой гость из Англии, и он представил мне его так: «Вы знакомы с доктором Слэйтером из Лидса?» Я сказал: «По-моему, однажды в выходной в 1941 году мы вместе пили чай в Кардигане». У меня очень плохая память на имена, я легко могу забыть человека, с которым познакомился неделю назад или с которым вместе провел заметное время. И совершенно непонятно, чем было вызвано исключение в данном случае.

Сплавы для труб. Летом 1941 г. Комитет M.A.U.D. выпустил свой последний отчет. К этому времени американские физики на небольших образцах измерили сечение деления урана-235 и обнаружили, что оно того же порядка, что и значение, принятое нами с Фришем, хотя все же немного меньше его. Теперь для сомнений оставалось не слишком много места. Доклад M.A.U.D. содержал вывод, что атомная бомба осуществима, и описывал работу, которую необходимо было выполнить для ее создания.

Было решено увеличить выделяемые на эту работу ресурсы и учредить организацию для реализации более крупного проекта. Этот проект получил кодовое название «Сплавы для труб». В этом названии не было никакого смысла, но оно звучало как название очень заурядной, занятой практическими делами компании. Председателем «совета директоров» фирмы «Сплавы для труб» стал У. А. (позже сэр Уоллас) Эйкерс, заведующий исследовательским отделом «Империял кемикл индастриз», который получил в своей фирме отпуск на время войны. Это был человек огромной энергии и целеустремленности, очень чуткий в отношениях с людьми и прекрасный руководитель. Его заместителем был Майкл

Перрин, также из «Империал кемикл индастриз», — химик, который сыграл заметную роль в создании полиэтилена. Свою работу он исполнял с отменной эффективностью и тактом.

Министром, ответственным за «Сплавы для труб», стал сэр Джон Андерсон, в то время лорд-президент совета. Этот пост остался за ним и позже, когда он был назначен канцлером казначейства. По занятому совпадению он получил образование физикохимика и сделал работу по химии урана, хотя это не имело никакого отношения к его связям со «Сплавами для труб».

Был и Технический комитет, хотя он был гораздо меньше Технического подкомитета Комитета М. А. У. Д. Его членами среди других были Чэдвик, Хальбан, Саймон и я. Становление новой структуры заняло некоторое время, что понятно, поскольку предстояло на высоком уровне принимать решения с далеко идущими последствиями. Кое-кто в ожидании решения начинал проявлять нетерпение, не получая даже намека на то, что происходит. Это легкое раздражение увеличилось, когда даже не включенные в новую организацию члены Комитета М. А. У. Д. никак не были извещены о роспуске их комитета и об учреждении нового. Обычно прямолинейный, М. Олифант не скрывал своего раздражения. Однако вскоре страсти были утихомирены.

На первом заседании нового комитета присутствовали два американских гостя: Гарольд Юри (открыватель тяжелого водорода, в лаборатории которого велись исследования как по извлечению тяжелой воды, так и по разделению изотопов урана) и Г. В. Пергам, физик-ядерщик старшего поколения. Оба они были из Колумбийского университета. На них большое впечатление произвело внимание, которое британское правительство уделяло нашему проекту. Они сообщили об этом в Соединенные Штаты, и похоже, что это сообщение сыграло роль в решении ускорить эту работу в США, принятом примерно в это время.

Однако в Великобритании еще не пришло время для принятия решения о постройке полномасштабного завода для разделения изотопов. Были сомнения относительно возможности осуществить такой большой проект в Великобритании в условиях военного времени. По мнению некоторых, альтернативой этому был совместный с Соединенными Штатами проект, включавший постройку завода в США или Канаде. Тем временем исследования велись ускоренными темпами. Число теоретических задач также продолжало расти, и к нашей бирмингем-

ской группе мы добавили несколько помощников-вычислителей, аспирантов-математиков, которые выполняли счетную работу с помощью настольных калькуляторов. Позже мы приняли в штат несколько аспирантов по специальности «теоретическая физика» или близких по квалификации людей.

Мы работали в тесном сотрудничестве с оксфордской группой, и я часто ездил в Оксфорд. Среди небольших усовершенствований конструкции завода был метод, получивший название «кролик». Использование эксцентричных названий соответствовало чувству юмора Саймона и его сотрудников и поощрялось стремлением затуманивать дело кодовыми названиями. «Принцип кролика» заключался в разделении продукта каждой из ступеней производства на три части. Наиболее обогащенной была та часть, которая продиффундировала через начальный участок мембраны, где поступающий газ был еще свежим. Часть газа, продиффундировавшая через конечный участок мембраны, куда газ приходил уже обедненным, имела примерно такую же концентрацию, как и газ на входе всей ступени. И наиболее обедненной была часть газа, вообще не прошедшая через мембрану. Наиболее обогащенная часть газа подавалась на вход следующей ступени завода, наиболее бедная — на вход предыдущей ступени, а промежуточная — снова на вход данной ступени. Название этого метода было навеяно статьей зоологов, в которой было показано, что большая часть исследований по метаболизму кроликов опровергается тем открытием, что по ночам кролики съедают свои экскременты, произведенные за день.

Другое аналогичное название получил «метод поджаривания свиней». Оно связано с легендой о том, что прелести жареной свинины были открыты в древнем Китае после того, как сгорел дом с запертыми в нем свиньями. Легенда гласит, что некоторое время после этого крестьяне поджигали дом с запертыми в нем свиньями всякий раз, когда хотели полакомиться жареной свининой, и лишь позже додумались до других способов получения такого же результата. «Метод поджаривания свиней» возник в Оксфорде, когда обнаружилось, что некая очень тонкая химическая реакция идет так, как было задумано. В этой реакции участвовал гексафторид урана, или «гекс», как мы его называли, который всегда тщательно оберегался от любого контакта с воздухом. Реакцию пытались провести снова и снова, но все безуспешно. И как-то раз на критической стадии эксперимента кто-то уронил инструмент на стеклянный прибор.

Прибор разбился, и внутрь его попал воздух. И нужная реакция вдруг произошла. Причина этого так никогда и не была открыта, но эту процедуру стали повторять всякий раз, когда была нужна эта реакция. Разбивание прибора заменили, правда, открыванием вентиля.

Заседания Технического комитета в Лондоне были удобной возможностью для Хальбана, Саймона и меня обменяться новостями и посплетничать. Встречались обычно мы в датском ресторане под названием «Три викинга», чтобы перекусить перед заседанием. Вскоре мы стали называть себя «тремя викингами», находя это очень комичным: три еврея-иммигранта мало походили на викингов.

Однако во всех наших шуточных беседах мы постоянно сознавали чертовскую серьезность дела, в котором участвовали. Мы отчаянно боялись, что немцы раньше нас придут к цели. Все хотели, разумеется, узнать об успехах (если такие были) немцев в области атомной энергии. Еще до этого я получил от разведывательных органов — околным путем, кажется, через Перрина — послание, в котором интересовались, не вижу ли я возможностей узнать, чем занимаются немцы. Я предложил следить за перемещениями определенных людей, которые скорее всего оказались бы вовлеченными в любые работы над атомной энергией. Я предложил проверить, бывают ли они вдали от их обычных мест работы, посещают ли неожиданные места и т. д. К своей записке я приложил список вероятных имен, первым среди которых было имя Гейзенберга.

Присланный мне ответ гласил: «Очень интересно, что Вы упоминаете имя Гейзенберга, потому что непосредственно перед войной он посетил Кембридж, и у нас нет сведений, покинул ли он вообще Англию». Я был потрясен этим ответом и подумал, что если этот случай типичен для британской разведки, то дело плохо.

Позже, однако, положение изменилось в большой мере благодаря деятельности командора Уэлша. Мне рассказывали, что однажды еще младшим офицером морской разведки ему случилось ожидать приема у вызвавшего его начальника, и он увидел, что секретарша печатает список имен и адресов ученых. Он заглянул через ее плечо и сказал: «В этом имени вы сделали ошибку, а этот человек работает не там-то, а там-то...». Появившийся начальник спросил его, откуда он столько знает об этих странных людях. Уэлш ответил: «Это мое хобби. Я всегда интересовался учеными и их ра-

ботой». Он был немедленно взят на работу в отдел, занимавшийся проблемами атомной энергии, и достойно там себя зарекомендовал.

При наличии определенной подготовки кое-какую информацию можно было извлечь из печатных источников. Некоторое время я провел над немецкими журналами, которые мы получали через нейтральные страны. Я знал, что каждый семестр «Физикалише цайтшрифт» публикует список курсов лекций по физике во всех германских университетах. Из этих списков следовало, что большинство физиков находилось на своих обычных местах и преподавали свои обычные предметы, что в корне отличалось от положения в Англии или Америке. Однако было несколько исключений. Гейзенберг не читал лекций, а в статье молодого лейпцигского ученого на тему, которая должна была бы заинтересовать Гейзенберга, благодарность за советы и помощь выражалась многими, но не Гейзенбергу. Это означало, что либо Гейзенберга не было в Лейпциге, либо он был занят чем-то другим. Другим многозначительным фактом было то обстоятельство, что в реферативном журнале «Физикалише берихте» некоторые из авторов регулярно продолжали давать рефераты на статьи по ядерной физике и разделению изотопов. Создавалось впечатление, что у Германии нет срочной программы, нет широкомасштабного проекта, который потребовал бы массового участия ученых. Некоторые атомные исследования, похоже, продолжались, и Гейзенберг и несколько других ученых, по-видимому, участвовали в них. В целом мои выводы были обнадеживающими, хотя они, конечно, не давали полной уверенности: дело было слишком серьезно, чтобы полагаться на предположения, даже очень правдоподобные. Когда после войны стали известны факты, то оказалось, что нарисованная мной картина получилась довольно точной.

В Америку на бомбардировщике. Работа над сплавами для труб продолжается. К концу 1941 г. у нас был налажен достаточно свободный обмен информацией с американцами. Мы не читали, однако, их отчетов и поэтому не могли иметь ясной картины их идей. Было решено, что делегация, состоящая из Аскерса, Хальбана, Саймона и меня, посетит Соединенные Штаты. Самый простой путь лежал в Лиссабон и оттуда гидропланом в Америку, и Аскере с Саймоном последовали этой дорогой. Хальбану из-за больного сердца был противопоказан самолет, и он поплыл морем. Относительно меня было решено, что мне не следует

лететь через Лиссабон, который кишел шпионами, наблюдавшими за транзитными пассажирами: мой интерес к ядерной физике был известен, и мои перемещения могли навести на размышления. Меня мрачно спросили, не соглашусь ли я совершить это путешествие на одном из бомбардировщиков, пересекавших Атлантику с экипажами, которым предстояло перегонять американские самолеты в Англию. Это было небезопасно: некоторые отмораживали конечности из-за отсутствия обогрева на этих самолетах. Я решил, однако, что в военное время риска не избежать, и согласился.

Начало путешествия было весьма романтичным. Самолеты взлетали у Престона, под Глазго, но это было секретом. Поэтому инструкция гласила: «На ночном поезде Вам забронировано спальное место до Глазго, но Вам следует сойти в Килмарноке и ждать дальнейших указаний». Из Килмарнока нас машиной довели до аэродрома, где взвесили вместе с нашим багажом и выдали нам летные костюмы, чтобы мы не замерзли в самолете. Потом нас поселили в номерах, потому что в тот день самолет не вылетал. Фактически погода на маршруте оказалась настолько плохой, что мы не могли вылететь несколько дней. Это было странно — оказаться вдруг праздными. В некотором смысле мы уже покинули Британию: нам не разрешали пользоваться телефоном, а кормили с неслышанной для военного времени роскошью — яичницей с ветчиной на завтрак, например. Я решил расследовать историю пассажира с отмороженными конечностями, и оказалось, что он получил слишком тесные летные сапоги, которые мешали его кровообращению; дело кончилось ампутацией двух пальцев ноги. Это было, конечно, прискорбно, но я решил, что опасности путешествия не были столь велики, как их мне описывали.

Когда наш самолет — бомбардировщик «Либерејтор» — наконец поднялся в воздух, нам выдали кислородные маски, потому что он не был загерметизирован. Маски то и дело обмерзали, и требовался некоторый присмотр за ними, поэтому спать нам запретили и предложили таблетки бензедрина на случай, если окажется трудно бодрствовать все 16 часов полета.

После остановки на Ньюфаундленде мы прибыли в Дорваль, аэропорт, обслуживавший Монреаль. Там мне сообщили, что Дж. П. Томсон, возглавлявший тогда миссию научных связей в Оттаве, хочет меня видеть, и я договорился о полете в Оттаву. Добрался туда к вечеру, и было странно со снижающегося самолета видеть в чистом мо-

розном воздухе залитый светом город с заснеженными улицами. Даже теперь меня волнует зрелище ночного города при посадке, а то первое впечатление было совершенно незабываемым, такой был контраст с затемненными английскими городами и дождливой, сырой английской зимой. В ту ночь я спал очень мало, возбужденный моим первым полетом и первым визитом в Северную Америку. В Нью-Йорк я вылетел во второй половине следующего дня.

В Нью-Йорке я позвонил моей сестре Анни, которую мне не удалось предупредить о приезде. Когда она сняла трубку, я сказал: «Это Руди». — «Я не знаю никакого Руди». — «Ты не знаешь собственного брата?» — «Знаю, конечно, но его здесь нет, он в Англии». В конце концов мне удалось убедить ее, что это я. Я посетил и своего отца, он был болен и очень слаб, но рад видеть меня. Тогда же я повидался с его женой Эльз, с Анни и ее мужем.

Вместе или по отдельности наша делегация посетила многие из лабораторий, работавших над проблемами атомной энергии. В Колумбийском университете некоторое время я посвятил встречам с Юри и с Карлом Коэнм, теоретиком, который занимался проектом завода для разделения изотопов. Его результаты совпадали с нашими, различаясь лишь в деталях, за исключением вопроса о времени установления равновесия, в котором его догадка отличалась от моей. После долгого обсуждения я согласился с тем, что его мнение было, по-видимому, правильным, и это вскоре было подтверждено телеграммой от Фукса, в которой говорилось, что Хартри наконец выполнил численные расчеты, о которых мы его просили, и их результат ясно показывал, что Коэн был прав, а я ошибался. Однако экспериментальных результатов по разделению изотопов к этому времени в Америке, похоже, было получено очень мало. Только физик-ядерщик с физического факультета Колумбийского университета Даннинг энергично занимался этой проблемой и искал подходящие мембраны.

В Колумбийском университете мы встретились также с Ферми, который ставил опыты по изучению возможности цепной реакции на обычном уране с соответствующим замедлителем. Как и сотрудники Томсоновского комитета в Лондоне, он обнаружил, что обычный промышленный графит поглощает нейтроны слишком сильно, чтобы его можно было использовать в качестве замедлителя. Однако он был убежден в том, что дело было в недостаточной чистоте графита. Некоторые из его примесей настолько

сильно поглощают нейтроны, что способны погасить цепную реакцию, даже когда их содержание в графите так мало, что не может быть обнаружено никакими другими физическими или химическими методами. Поэтому Ферми надеялся при дальнейшей очистке получить приемлемый графит, и позже эта точка зрения подтвердилась. Ферми готовился к переезду в Чикаго, где для его работы были лучшие возможности.

Затем мы отправились в Чикаго, где встретились с Артуром Комптоном (открытие которым «эффекта Комптона» послужило заметной вехой в развитии квантовой теории). Он был одним из самых известных ученых, занятых планированием исследований по атомной энергии. Я сказал ему, что, по моему наблюдению, в американских организациях никто не думает о том оружии, которое должно быть конечным результатом всех этих исследований.

Это оружие было детищем физики быстрых нейтронов. В то время ответственным за координацию информации о делении на быстрых нейтронах был Грегори Брейт. Поскольку по соображениям секретности говорить о быстрых нейтронах и о делении было запрещено, его пост назывался «координатор по быстрому разрыву». Брейт был крупным теоретиком, сделавшим много важного и оригинального в ядерной физике, много он сделал и позже. Но он был и очень нервным человеком с преувеличенными страхами относительно безопасности. Его способ координации информации состоял в том, что все важные бумаги он запирает в большой сейф и не подпускал к нему никого. Комптон явно понимал наличие проблемы и отдавал себе отчет в том, что перемены необходимы.

Я посетил также Беркли, чтобы встретиться с Робертом Оппенгеймером. Я знал Оппенгеймера по Цюриху и уважал его, да и теперь на меня большое впечатление произвело ясное понимание им проблем атомной энергии. Он уже рассмотрел большинство задач, поставленных нами с Фришем, а также возникшие впоследствии многие другие задачи. Переночевал я у Оппенгеймеров, а к поезду меня отвез Феликс Блох, который жил неподалеку, в Стэнфорде. Блох оказался весьма рассеянным водителем, и наша поездка по загруженному мосту через залив показалась мне более страшной, чем перелет через Атлантику.

Саймон и я поехали в Шарлоттсвилл (в Вирджинии) к Джессу Бимсу из Университета Вирджинии, считавшемуся величайшим в мире авторитетом по центрифугам.

Центрифугирование было одним из возможных методов разделения изотопов, и мы обсуждали с Бимсом тогдашнее положение дел и перспективы. Мы были настроены очень оптимистично, и действительно, во время войны этот метод не получил практического применения. Позже, когда были получены более прочные материалы, способные выдержать большие скорости вращения, он стал соперничать с диффузионным методом. Здания и планировка Университета Вирджинии, который был основан и спроектирован Томасом Джефферсоном, по очарованию почти не имеют равных в мире.

Возвратясь в Нью-Йорк, я получил письмо от Комптона с просьбой ненадолго приехать в Чикаго. Оказалось, что он хотел продолжить обсуждение установок для исследования деления на быстрых нейтронах и атомного оружия. В конце беседы мы сошлись на том, что хорошо было бы поручить эту работу Оппенгеймеру. Не помню, предлагал ли он сам кандидатуру Оппенгеймера и интересовался ли моим мнением или просил меня назвать кандидатуру, но окончательное решение было ясно. Вскоре Оппенгеймеру предложили организовать комитет для изучения проблем, связанных с исследованием быстрых нейтронов и с созданием атомного оружия.

Возвратясь в Англию, мы продолжили нашу работу в напряженном темпе, однако нас расхолаживала неопределенность: мы не знали, будут ли объединены британский и американский проекты. Мы слышали о дискуссиях по поводу возможностей такого объединения, но я не знал никаких подробностей до тех пор, пока спустя много лет после окончания войны не прочел книги Маргарет Гоуин. Если в Англии не собирались строить полномасштабного завода для разделения изотопов, то оказывалось, что значительная часть нашей работы представляет чисто академический интерес; однако пока решение не было принято, ее следовало делать срочно.

К началу лета я почувствовал себя очень усталым и нуждающимся в отдыхе. Так же чувствовал себя и Саймон. Он жил один, его жена с детьми уехала в Торонто. Женя настояла, чтобы мы взяли отпуск вместе. Мы решили поехать в Строуд, местечко неподалеку от Котсуолд-Хиллз под Оксфордом. Я поехал туда поездом, а Саймон встречал меня на машине. По дороге к нашей гостинице на крутом повороте ехавший навстречу нам мотоцикл с двумя молодыми летчиками не вписался в поворот и врезался в нашу машину. Летчиков отбросило на каменную стену, они получили смертельные

ранения и умерли почти мгновенно. После этого трагического происшествия отпустить же не мог доставить нам никакого удовольствия, хотя Саймон никак не был виноват в том, что случилось.

Между тем неопределенность относительно будущего нашей работы продолжалась. Было решено группу Хальбана, работавшую с тяжелой водой, перевести в Монреаль, где была возможность извлечь выгоду из близости американских лабораторий. Поэтому Хальбан отправился организовывать лабораторию в Монреале, а Коварски остался руководить в Кембридже. Когда новая лаборатория была готова, Хальбан пригласил Коварски приехать, однако должность, которую Коварски должен был получить в новой большой лаборатории, не устроила его, и он отказался ехать. Его недовольство, которое всегда было где-то около поверхности, теперь вышло наружу, и между ним и Хальбаном произошел полный разрыв.

Примерно к тому же времени отношения с американскими властями усложнились, что в конце концов привело к полному прекращению обмена информацией о работах в области атомной энергии. Поэтому дело выглядело так, что британский проект «Сплавы для труб» сможет дать практические результаты только в том случае, если в Британии будет собственный завод для разделения изотопов урана. В военное время об этом нечего было и мечтать, и решение так и не было принято.

А мы тем временем пытались усилить нашу теоретическую группу. У нас был постоянный договор с Центральной регистрацией, занимавшейся устройством ученых на работу над военными темами. Оттуда прислали нам нескольких блестящих аспирантов, среди которых был Тони Скирм, о котором я подробнее расскажу позже. Более пожилые люди, однако, оказывались либо не очень хороши, либо не имели нужного опыта. Поэтому однажды мы были очень удивлены, получив документы на некоего Бориса Дэвидсона, который окончил Ленинградский университет и занимался, по-видимому, именно тем разделом математики, который нас интересовал. Он родился в СССР, но имел британское гражданство. Его дед, английский инженер, эмигрировал с семьей в Россию, но не отказался от своего британского гражданства. Поэтому отец Бориса также был британским гражданином, а сам Борис не выезжал из Советского Союза до 1938 г., когда перед ним встал выбор: либо перейти в советское гражданство, либо эмигрировать.

Я немедленно вызвал его для беседы.

Пришел маленький человек в довольно неяркой одежде, очень вежливый и робкий. Его русский язык был явно лучше его английского. Похоже, у него были знания и способности, которые были бы полезны нам, и я пригласил его работать у нас, предложив, однако, хорошо обдумать этот шаг. Поскольку я не мог прямо рассказать ему о цели нашей работы, я намекнул на ее характер, показав ему интегральное уравнение, с которым у нас возникли трудности. Возвращаясь домой после нашей беседы, он в поезде написал мне письмо, в котором принимал приглашение работать у нас. К письму было приложено решение моего интегрального уравнения.

Дэвидсон действительно оказался для нас ценным приобретением. Спустя некоторое время я решил, что его жалование не соответствует его способностям, и добился для него прибавки. Когда я сказал ему об этом, он возмутился: он как раз собрался просить об уменьшении своего жалования, потому что считал свой вклад в общие усилия слишком малым. В конце концов мне удалось убедить его принять эту прибавку.

Причиной жалкого состояния его костюма было то, что он определенное время провел в санатории для больных туберкулезом легких. Когда его оттуда выписали, одежда была непригодна для использования, и ему дали то из одежды, что им удалось найти. Женя помогла ему купить новый костюм, настолько приличный, насколько это было возможно в условиях военного времени. В воюющей Англии этот новый костюм Бориса еще можно было носить, но когда он перебрался в Монреаль, о нем стали говорить, что его корабль был потоплен в Атлантике и весь остаток пути ему пришлось проплыть в этом костюме.

Известный химик Джордж Кистяковский, который занимался также взрывчатыми веществами, написал отчет, в котором утверждал, что взрыв атомной бомбы будет относительно слабым. Он считал, что высвобождающаяся при нем огромная энергия пойдет на нагревание воздуха в малом объеме до очень высоких температур и что возникающая при этом ударная волна будет относительно слабой. Этот отчет попал к Дж. И. (позже сэру Джеффри) Тейлору из Кембриджа. Тейлор был замечательным ученым с разнообразными интересами в области как эксперимента, так и теории. Важные и фундаментальные результаты он получил в каждой из этих областей. Большая часть его работ посвящена различным аспектам гидродинамики. В ответ на утверждения Кистяковского Тейлор создал элегантную

теорию, которая при некоторых допущениях давала точное решение задачи. Из нее следовало, что интенсивность ударной волны будет соответствовать огромной энергии этого взрыва. Иными словами, Кистяковский ошибался.

По поводу этой задачи у меня была небольшая переписка с Тейлором, а позже я познакомился с ним в Кембридже. Он был исключительно милым и скромным человеком. Вот типичный для него случай. Во время войны он участвовал в работе нескольких комитетов. Из Лондона он часто возвращался уже ночным поездом, а со станции до дома на другом конце города добирался на велосипеде, который он оставлял на станции. Когда ему предложили подать заявку на бензин для этих поездок, он отказался, сказав, что в этом нет нужды.

Наша с ним переписка касалась теории ударных волн, которой я не знал совершенно, и мне пришлось поработать дома, прежде чем я стал понимать его письма. Это расширило мои знания в гидродинамике. Было ясно, что приближенные расчеты Тейлора нужно сделать более точными, но это была нелегкая задача.

Для начала надо было определить поведение воздуха при очень высоких температурах и давлениях, после чего вы оказывались один на один с уравнением, которое решалось только численно. Первая часть работы была проделана совместно Фуксом, Кинчем и мной. (Кинч, который заменил меня на преподавательской работе, не входил в нашу группу, но эта задача его интересовала.) После этого оставалось найти численное решение дифференциального уравнения в частных производных, т. е. уравнения с двумя или более независимыми переменными. В нашем случае это были расстояние и время.

Математики, конечно, уже рассматривали эту задачу, но найти ее в литературе было непросто. Я решил поэкспериментировать с простейшим уравнением такого типа — уравнением распространения волн с постоянной скоростью, для которого существует точное решение. Я попробовал метод последовательных шагов, в котором начальное состояние считается известным для цепочки точек, расположенных на определенном удалении друг от друга, и затем приближенно находится положение дел через некоторый промежуток времени. Потом эту процедуру можно повторить.

Случайно я выбрал расстояние между точками, равное расстоянию, проходимому волной за выбранный мной отрезок времени. Делая грубые вычисления, с точностью до

трех знаков после запятой, я воспроизвел, по моему мнению, точное решение. Затем повторил расчет с точностью до пяти знаков, и снова ответ получился правильным с точностью до пяти знаков. Затем я увидел, как сравнить результаты моего последовательного метода с точным решением, и обнаружил, что для интервалов, которые я выбрал, и для простой модели, которой пользовался, правильный ответ может быть получен с любой точностью. Если временной интервал взять меньше, решение получается приемлемой точностью, но если взять его больше, процедура становится неустойчивой, ошибка нарастает с каждым шагом и конечный ответ получается бессмысленным. Было ясно, что эти выводы применимы не только к простому уравнению, которое я взял в качестве модели. Теперь я знал, как решать уравнение в частных производных, но эта процедура была очень трудоемкой, и я отложил рассмотрение реальной задачи. Тем не менее полученный опыт оказался полезным.

ПОСЕЛИЛИСЬ В БИРМИНГЕМЕ

Клаус Фукс. Наши самые болезненные переживания были связаны с делом Фукса, возникшим в начале 1950 г. Как гром среди ясного неба раздался звонок журналиста, сообщившего мне, что Фукс арестован и ему предъявлено обвинение в передаче секретных сведений Советскому Союзу. Журналист спрашивал, есть ли у меня по этому поводу какие-нибудь комментарии. Никаких комментариев у меня не было, но я попросил его разузнать для меня подробности этого дела. Несколько позже он снова позвонил мне и сообщил, что на предварительном слушании дела в суде Фукса спросили, есть ли у него адвокат, и Фукс сказал, что не знает, где найти его. Я решил, что независимо от обстоятельств дела, которые казались совершенно невероятными, у него должен быть адвокат, который защищал бы его интересы, и ближайшим поездом отправился в Лондон.

Был уже вечер, и на следующее утро я позвонил в полицию, чтобы получить разрешение на посещение Фукса (на самом деле такого разрешения не требовалось, но я не знал этого). В полиции были очень доброжелательны, но попросили меня зайти к ним, прежде чем ехать в тюрьму. Я согласился и пришел на встречу с командором Бертом, начальником «специального», т. е. политического, отдела Скотленд-Ярда. Причина, по которой Берт хотел видеть меня, заключа-

лась в том, что, хотя Фукс признался во всем, он не назвал своих сообщников. Если я увижу его, не смогу ли попытаться убедить его сделать это? Эта просьба показалась мне разумной, и я обещал сделать все, что будет в моих силах. Берт спросил меня также, были ли заметны прокоммунистические взгляды Фукса. «Нет,— сказал я,— он никогда много не говорил о своих политических убеждениях, но складывалось впечатление, что он разделял наши общие идеалы. Я знал, разумеется, что студентом он придерживался очень левых взглядов, но среди молодых людей это обычное явление». Бертрассмеялся: «Знаю, знаю, у меня сын такой же». Он выразил также сожаление, что способный молодой человек окажется в тюрьме на длительное время, но таков закон, и ничего здесь поделать нельзя.

Я поехал в Брикстонскую тюрьму на свидание с Фуксом. К тому времени у него уже был адвокат, и моя главная забота отпала. У нас состоялась долгая беседа. Да, он передал секретные сведения советским агентам. Теперь он жалел об этом, потому что с тех пор он научился ценить наш образ жизни и наши ценности. Я выразил свое удивление тем, что, будучи скептическим ученым, он согласился принять марксистские догмы. Он ответил: «Вы не должны забывать, через что я прошел при нацистах. Кроме этого, после того, как я помог русским победить, мне все время хотелось встать и сказать им, что у них не так в их системе». Я возвращался домой потрясенный самонадеянностью и наивностью этого заявления.

Женя решила написать Фуксу письмо, чтобы описать вред, который он причинил людям, особенно его младшим сотрудникам по Харуэллу, с которыми у него были прекрасные отношения и которые теперь должны были чувствовать себя преданными. В то же самое время мы еще не могли до конца поверить в реальность всей этой истории. Мы не знали точно характера предъявленных ему обвинений, но нам было известно, что единственным доказательством его вины на суде должно было быть его собственное признание. Разве не могло быть так, что у него случилось помешательство и он выдумал всю эту историю или раздул какое-нибудь пустяковое нарушение до размеров государственного преступления?

Женя и я вспомнили много фактов, которые казались нам несоместимыми с причастностью Фукса к шпионажу. Мы вспомнили, например, что в Лос-Аламосе он часто пил помногу. Допьяна он никогда не напивался, но разве мог шпион позволить себе так рисковать? Кроме того, он был готов

усыновить своего племянника, сына своей сестры, при нацистах покончившей жизнь самоубийством. Мальчика воспитывал дедушка, который становился уже стар. Можно ли поверить, что Фукс решился так тесно связать себя с ребенком, когда над ним самим тяготел такой страшный секрет? Мы решили посетить его снова, чтобы спросить о всех этих противоречиях. Мы увиделись с ним в день накануне суда, хотя тогда мы не знали этого. Он никак не объяснил нам свое противоречивое поведение, однако он убедил нас, что обвинения против него были справедливыми.

У меня создалось убеждение, что его отход от коммунизма был искренним. Его друзья-коммунисты в Германии, видимо, внушили ему довольно неприглядную картину жизни в Великобритании, которая не расseyалась во время его пребывания в Бристоле и в Эдинбурге, где он еще общался, вероятно, со своими леворадикальными друзьями. Интернирование здесь и в Канаде также, скорее всего, вызвало горькие чувства, и только когда он попал в тесное и дружеское сообщество ученых, ему открылась и другая сторона жизни нашего общества.

Возможно, что процесс его прозревания так затянулся из-за того, что в нашем интеллектуальном кругу мы поразительно неохотно высказываем наши убеждения. У нас принято не говорить громких слов. Мы охотно говорим о том, что плохо и с чем мы хотим бороться, но для нас гораздо труднее говорить о наших моральных принципах и о том, что мы считаем правильным. Наше поведение следует достаточно жестким правилам, но почему-то мы считаем дурным тоном провозглашать их, и обнаружить их можно лишь наблюдая наши поступки.

Во время суда были упомянуты даты контактов Фукса с его сообщниками, начиная с его визита в советское посольство почти сразу после начала его работы в Бирмингеме. Как припомнила Женя, все эти контакты совпали с периодами его загадочного нездоровья. Он был осужден на четырнадцать лет тюрьмы, из которых он отбыл обычные две трети, заслужив досрочное освобождение за примерное поведение. По выходе из заключения он уехал в Восточную Германию, где начал работать в атомной лаборатории в Россендорфе. Он явно вернулся к своей вере в коммунизм, чему, возможно, способствовало лишение его гражданства британским правительством. Он стал заместителем директора лаборатории, а потом и ее директором, когда по иронии судьбы его шеф, доктор Барвич, бежал на Запад.

Позже я узнал, что на одном из этапов расследования утечки информации из Лос-Аламоса свидетельства указывали на одного из теоретиков британской группы, т. е. на Фукса или меня. Некоторое время я находился, таким образом, под сильнейшим подозрением, но никогда не дали мне почувствовать это. Общественность Великобритании была потрясена всем этим, однако никто не впал в истерию. Чего, правда, нельзя было сказать о прессе. Одна из воскресных газет на первой странице под шапкой «Люди в смятении» поместила фотографии нескольких ученых-эмигрантов, в том числе и мою, а также статью, в которой утверждалось, что все мы боимся предубеждения против беженцев, спровоцированного делом Фукса. Я написал тогда твердый ответ, который назвал «Я не в смятении» и который газета нашла в себе мужество опубликовать.

Естественно, что дело Фукса привлекло к нам внимание прессы, и было много просьб дать свои комментарии. Я всегда отказывался от комментариев, говоря, что свои общественные заявления я делаю когда хочу и как хочу, но что я готов помочь им выяснить истину, если они не станут цитировать меня. Согласившись на эти условия, несколько газет тем не менее напечатали приписанное мне большое заявление, которое не имело ничего общего с тем, что я говорил. Женя отругала меня за то, что я вообще говорил с ними, и когда позвонили из «Ньюс оф уорлд» и попросили высказаться ее, она твердо отказалась говорить что-либо вообще. В следующее воскресенье в этой же газете была целая колонка с цитатами из высказываний Жени. Плетью обу-ха не перешибешь.

Перевод с английского Ю. Ф. Орехова