

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

МОЙ ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ В ФИЗИКЕ *)

АВТОБИОГРАФИЯ

Макс Лауэ

Мои проникательные родственники рано поняли, что я предназначен быть «книжным человеком». Когда мне было 9 или 10 лет, мой дедушка Теодор Церренер, крепко любивший меня, на рождественские праздники подарил мне десяти томное издание Брэма «Жизнь животных». Я вспоминаю, как часто рассматривал красивые картинки, и я до сих пор сохранил наглядное представление о главных видах животных. Однако у меня никогда не было склонности к биологии. Я увлекался чтением Брэма, будучи мальчиком, еще не размышляющим о своем призвании. Позднее моя милая мать как-то говорила о возможности для меня юридической карьеры. Но и это заглохло, так как вскоре на первый план выступили у меня совсем другие интересы.

В гимназии имени имп. Вильгельма в Берлине (куда мы переселились из Познани в связи с переводом моего отца) я услышал, не помню в какой связи, о факте выделения меди из медного купороса под действием электрического тока. Это первое соприкосновение с физикой произвело на меня огромное впечатление. На несколько дней я впал в такое глубокое раздумье, что не мог ничего делать, и моя мать с тревогой спрашивала меня, что со мной происходит. Узнав, в чем дело, она позаботилась о том, чтобы я мог часто посещать «Уранию». Это было научно-популярное общество, в помещении которого на Таубенштрассе было много физических аппаратов, предназначенных для опытов. Стоило только нажать на кнопку согласно приложенному разъяснению, и сразу можно было наблюдать то или иное поучительное явление. Лишь гораздо позднее, в 1930 г., на съезде физиков в Кенигсберге, я узнал, что творцом этого способа обучения, производящего очень сильное впечатление, был Евгений Гольдштейн, открывший каналовые лучи; именно он устроил эту экспериментальную установку. Кроме того, я слышал несколько докладов в аудитории «Урании». Смутно помню также о своих посещениях обсерватории этого общества, расположенной на Инвалидштрассе. В 1913 или 1914 г. я сам читал лекцию в «Урании» и с умилением вспоминал прежние времена.

Мы пробыли в Берлине только один год и три месяца. Затем последовал перевод моего отца в Страсбург. Там я поступил в известную протестантскую гимназию, и мне не пришлось сожалеть о перемене учебного заведения...

Огромное влияние оказал на меня профессор Геринг, который преподавал математику и физику. Это был старый холостяк и чудака с тысячей странностей, которые для всякого другого человека сделали бы невозможным его занятия с гимназистами. Но все чудачества компенсировались высоким духовным превосходством, которое заставляло подчиняться ему даже злейших шалунов класса, — а мы не были «образцовыми учениками». Устроить у него на уроке какое-нибудь бесчинство — это было невозможно. Никому это даже не приходило в голову. Поэтому он никогда не нуждался в применении наказаний или брани. Самое большее, что я могу вспомнить, это были слова, относящиеся к одному негодному мальчишке: «Губер улыбается, да, Губер улыбается». Губер тотчас же перестал улыбаться. Юность обладает тонким чутьем в отношении духовного значения человека и отдаст ему дань большого почитания.

У проф. Геринга я занимался начальной математикой, и надо сказать, что скоро стал одним из лучших учеников. Мы изучали обычную школьную математику: алгебру до квадратных уравнений, геометрию Евклида и других геометров древности, логарифмическое и тригонометрическое вычисления и т. д. Давно я уже многое забыл, но когда мне пришлось иметь дело с известной задачей Аполлония о касающихся дугах, я смог ее запово вполне освоить. В этой стадии не так важно приобретенное знание,

*) Из книги: H a n s H a r t m a n n, Schöpfer des neuen Weltbildes, 1952; перевод Т. П. Горнштейн. Публикуется с некоторыми сокращениями.

как развитие способности научного мышления. «Образование есть то, что остается, когда все выученное уже забыто», — гласит часто цитируемое изречение, не знаю, каким великим человеком высказанное. Именно так обучал Геринг. Он скоро убедился в моем математическом даровании и различными небольшими поощрениями побуждал меня к занятиям.

В удивительном противоречии с этим находилось полное отсутствие у меня способности к арифметическим вычислениям. На выпускном экзамене, когда для письменной работы был предложен ряд задач и среди них одна с арифметическими вычислениями, преподаватель (это уже не был Геринг) сказал мне: «Эту задачу вы не пробуйте; у вас все равно ничего не получится». Лишь в университете я овладел этими вычислениями и старался производить их правильно, так как это было необходимо для моих физических занятий.

У Геринга я также впервые серьезно изучал физику. Главное влияние оказали на меня при этом не редкие опыты с недостаточными средствами гимназической лаборатории, а способность учителя развивать у учеников научное мышление. Большое значение имело также то, что он умел указать нам для чтения соответствующие книги. По его совету в октябре 1896 г. я достал доклады и речи Гельмгольца, и я сейчас еще ясно помню, как Геринг на своем тюрингенском диалекте рекомендовал мне эти два тома: «Это популярные сочинения, но для людей, которые имеют голову на плечах». Я с большим рвением изучал эти доклады, перечитывал то, что мне было непонятно.

Благодаря им, а также благодаря работе Гельмгольца «Учение об ощущениях тонов» мой горизонт значительно расширился. Это классические произведения как по содержанию, так и по форме. Я не ограничивался чтением только докладов, посвященных физике. Я читал также академические юбилейные речи и наслаждался мыслью, что позже смогу бывать в университете в качестве студента. Но больше всего я любил чудесную автобиографию, которую дал Гельмголец в речи в день своего семидесятилетия. Я пытался также, хотя с меньшим успехом, читать его философские доклады.

Однако эти школьные годы не оказали бы такого решающего влияния на мое дальнейшее развитие, если бы я не сблизился с двумя школьными товарищами: Отто Б. и Германом Ф., имевшими те же склонности, что и я. На основе общности наших интересов мы составили математический триумвират, хорошо известный всей школе... Тайком мы втроем занимались дифференциальным и интегральным исчислением, рылись в многотомном учебнике физики Вюльнера, а также самостоятельно экспериментировали, как это обычно делают мальчики.

Эксперименты стали нам особенно удаваться, когда мы смогли купить маленький индукционный аппарат и получать с его помощью более или менее высокие электрические напряжения. В начале 1896 г. мы узнали о великом открытии Рентгена из его знаменитой брошюры, которую Герман Ф. вскоре после ее выхода получил от своего дяди — книгопродавца. Мы достали примитивные разрядные трубки и пытались найти в них (конечно, без успеха) таинственные X-лучи, как их тогда называли. Поскольку квартиры наших родителей не были включены в городскую электрическую сеть, мы пользовались как первичными источниками тока элементом Бунзена и элементом с хромовой кислотой. Немало дырок было выжжено в наших платьях разными химикалиями. Особенно хорошо я помню самодельный гальванометр со многими витками и аstaticкой парой игл на подвесе из волоска. Эти опыты дали мне уверенность, которой я не мог бы достигнуть при школьном эксперименте, в том, что разрядный ток лейденской банки отклоняет магнитную иглу. Много занимались мы оптическими явлениями, особенно интерференцией света и загадочной еще тогда дифракцией. Большая привлекательность занятий этими физическими явлениями связана с возможностью их непосредственного чувственного восприятия без измерительных инструментов. Мой особенный интерес к оптике, который позднее проявился в занятиях рентгеновскими лучами, восходит именно к этим школьным временам...

Экзамены на аттестат зрелости я сдал в марте 1898 г. Подготовившись соответствующим образом, я находился перед экзаменами в спокойном, веселом настроении, в отличие от возбужденного состояния большинства моих товарищей, сдавших эти экзамены. В таком же настроении я сдавал в 1904 г. государственные экзамены в Геттингене и с легкой усмешкой наблюдал важность, с которой занимались этим делом некоторые экзаменующиеся и экзаменаторы. В аттестате зрелости я получил «хорошо» по религии, латини и греческому языку, «удовлетворительно» по немецкому, французскому языкам и истории, «очень хорошо» по математике и физике. По поводу немецкого языка в аттестате стояло следующее примечание: «Лауэ показал знания, соответствующие требованиям, и иногда хорошо выполнял задания. Его общий умственный уровень выше, чем его способность к устному и письменному выражению. Экзаменационное сочинение он выполнил удовлетворительно». Это — совершенно правильно. Всю свою жизнь я испытывал то, о чем вздыхал Шиллер: «Душа говорит, но увы, она не может выразить себя»...

Через несколько дней после испытаний на аттестат зрелости началась военная служба и, следовательно, перерыв в умственном развитии. Но все же в зимний семестр 1898/1899 гг. я смог посещать лекции по экспериментальной физике Фердинанда Брауна в Страсбургском университете. Я до сих пор помню его блестящие опыты, его изящное и часто остроумное изложение. Я смотрел на опыты и слушал лекции с воодушевлением. Правда, служба иногда мешала мне вовремя приходить на лекции. Когда я опаздывал, это возбуждало внимание и вызывало некоторое беспокойство, особенно потому, что я носил мундир...

В дальнейшем я делал все возможное, чтобы регулярно посещать лекции. Когда я опаздывал, мне было очень трудно следить за ходом мысли лектора, особенно на лекциях по математике. Я никогда не мог понять, как студенты могут опаздывать на лекции, например, из-за своих общественных обязанностей в студенческом союзе. У меня в голове была только наука.

Да, но какая? В первом семестре это было для меня большим вопросом. С самого начала мне было ясно, что меня привлекают такие науки, как математика, физика и химия. По всем этим предметам я слушал многочисленные лекции, сначала в Страсбурге, а потом (с осени 1899 г.) в Геттингене. По физике и химии я проходил практику в большем объеме, чем тот, кто точно знал свою цель и старался ее достигнуть кратчайшим путем. В Геттингене под влиянием Вольдемара Фойгта мне, наконец, стало ясным мое призвание: теоретическая физика. Наряду с курсом лекций Фойгта этому решению способствовали опубликованные лекции Густава Кирхгофа, которые мне уже в школьные годы рекомендовал Отто Б.; о первом томе этих лекций, посвященном механике, также неоднократно говорил проф. Геринг. Решающим фактором было осознание поразительного факта, как много можно высказать о природе при помощи математических методов. С величайшим благоговением я иногда останавливался перед теорией, которая бросала яркий неожиданный свет на непонятные прежде факты.

Большое впечатление производила на меня также чистая математика, особенно при слушании блестящего курса лекций Давида Гильберта. В моих воспоминаниях этот человек остался величайшим гением, которого я когда-либо видел. Математика дает наиболее чистое и непосредственное переживание истины; на этом покоится ее ценность для общего образования людей. Еще в школе одной из моих лучших радостей было изящное законченное доказательство. И, однако, математика меня всегда интересовала постольку, поскольку я мог каким-либо образом применить ее к физике. Иначе занятия математикой мне представлялись «плаванием в пустом пространстве», напряжением силы без предмета, к которому она прилагается. Другие теоретико-физики иначе подходят к математике и, занимаясь самой математикой, достигают благодаря этому больших успехов в физике. Но, как я уже сказал, занятия чистой математикой — не в моей натуре, и я должен с этим примириться.

Несмотря на то, что лекции оказывали на меня большое влияние, еще больше, чем из них, я узнал из книг. Устная речь никогда не производила на меня такого впечатления, как то, что я видел написанным черным по белому. Чтение можно при желании прерывать и предаваться размышлениям о прочитанном. На докладе же всегда чувствуешь себя связанным ходом мысли говорящего и теряешь нить, если отвлекаешься. Во многих случаях лекции были для меня только стимулом, который заставлял углубляться в соответствующие книги.

Особенные затруднения, но вместе с тем и большую радость, доставила мне в этом семестре, а также позже теория электричества и магнетизма Максвелла, которая за несколько лет перед этим получила в Германии полное признание. Мне, как многим другим, эта теория открыла новый мир. Понимание того, как сложные разнообразные явления математически сводятся к таким простым и гармонически прекрасным уравнениям Максвелла, является одним из сильнейших переживаний, которые доступны человеку... Изучение этой теории не принесло никакого ущерба моим занятиям оптикой; напротив, трактовка оптики как части электродинамики только способствовала еще более углубленному изучению.

Я оставался в Геттингене четыре семестра; зимой 1901/1902 гг. я поступил в Мюнхенский университет. Но там в то время как физик-теоретик я не мог почерпнуть многого. Кафедра Больцмана еще не была замещена. У меня остались в памяти только лекции по теории функций Альфреда Принсгейма и практикум по физике у В. К. Рентгена, во время которого Рентген очень обстоятельно и, видимо, с удовлетворением проверял мои знания...

Летом 1902 г. я переселился в Берлин... Я приехал туда лишь в конце июня (первые восемь недель семестра были поглощены военными занятиями), но был зачислен без особых затруднений.

Сразу же я пошел на лекцию Планка по теоретической оптике. Я знал его как автора учебника по термодинамике, и мне было известно, что он много занимался оптикой. Но о его главном великом деянии — открытии в 1900 г. закона излучения и квантово-теоретическом обосновании его — я ничего не знал; это были тогда еще непризнанные и потому мало известные исследования.

Я смог легко понять лекцию, несмотря на то, что она относилась уже к концу курса, потому что я слушал лекции Фойгта в этой области. Мне даже удалось обратить на себя внимание Планка благодаря изящному решению поставленной им задачи во время упражнений, относящихся к этому курсу. Одновременно я посещал небольшой курс лекций О. Луммера по «специальным проблемам оптики». Речь шла о явлениях интерференции, прежде всего на решетке, на ступенчатой решетке в плоскопараллельных пластинках. Как раз тогда Луммер совместно с Герке ввел в спектроскопию плоскопараллельные стеклянные пластинки. Луммер был руководящим членом Государственного физико-технического института и приносил с собой оттуда в физический институт университета, где читал лекции, замечательные аппараты для демонстрационных опытов. Он способствовал развитию во мне оптического инстинкта, который впоследствии оказался таким полезным для моей работы. Тему для диссертации я попросил у Планка. Принимая во внимание указанный курс лекций, он дал мне тему по теории интерференции на плоскопараллельных пластинках. Над этим я работал до лета 1903 г. В июле этого же года я с отличием сдал докторский экзамен по математике и, соответственно положению, по философии как побочной специальности. Об этом надо кое-что сказать.

Я никогда не слушал курса лекций по философии, но много и глубоко занимался философией Канта. Сначала я читал ее изложение в «Истории философии» Куно Фишера, позже неоднократно перечитывал «Критику чистого разума» Канта, а также другие его сочинения, прежде всего по этике. Стимул для этих занятий был дан еще в гимназические времена Отто Б., но мне кажется, что только в университетские годы я настолько созрел, чтобы понять философию. Она совершенно преобразила мое бытие; даже физика кажется мне с тех пор наукой, настоящим достоинством которой является то, что она дает философии существенные средства. Мне представляется, что все науки должны группироваться вокруг философии как их общего центра и что служение ей является их собственной целью. Так и только так можно сохранить единство научной культуры против неудержимо прогрессирующего специализирования наук. Без этого единства вся культура была бы обречена на гибель.

Присуждение ученой степени производилось тогда в очень торжественной форме. Между прочим, декан читал формулу присяги, в которой значилось: *«Te sollemniter interrogo, an fido data polliceri et confirmare religiosissime contitueris, te artes honestas pro virili parte tueri, provehere atque ornare velle; non lucri causa neque ad vanam captandam gloriolam, des quo divinae veritatis lumen latius propagatum effulgeat»**). Эту клятву, произнесенную под присягой, я всегда старался сдерживать.

Во время работы над диссертацией я еще слушал у Планка термодинамику и в высшей степени замечательный курс по теории газов и тепловому излучению. На меня тогда произвели сильнейшее впечатление Больцмановский принцип связи энтропии и вероятности, закон смещения Вина и доказательство его Планком в законченной форме и, наконец, смелый вывод Планком закона излучения из гипотезы о конечных квантах энергии. К этому прибавлялось обаяние, которое исходило от этого человека и которое чувствовал каждый его слушатель. Все это укрепляло во мне чувство, что берлинский университет является моей духовной родиной.

Университет, но не город. Я всегда чувствовал нерасположение к большим городам. Поэтому я переехал для продолжения моего учения, которое я считал необходимым, в типичный маленький городок Геттинген и провел в нем еще 4 семестра. Я слушал здесь электронную теорию у Макса Абрагама — атомистическое развитие теории Максвелла — и геометрическую оптику у Карла Шварцшильда. Последняя завела меня слишком далеко в специальном направлении. В это же время я сдал государственный экзамен на право преподавания в высшей школе. Это я делал между прочим и удивился тому, что получил оценку «хорошо».

В связи с тем, что я выбрал, я должен был, согласно установленному порядку, сдать также экзамен по минералогии. Но этим предметом я никогда не занимался. В первые семестры в Геттингене я сделал робкую попытку прослушать курс лекций по минералогии, но вскоре отказался от этого. Из книг я потом усвоил элементарнейшую кристаллографию, т. е. собственно знание классов кристаллов. И это было все. Испытание принимал геолог проф. Кенен, и я до сих пор помню, как росло его веселое настроение по мере того, как он все более убеждался в моем полном невежестве. Комиссия объявила экзамен сданным благодаря проявленным мною знаниям в химии, необычным для кандидата, сдающего государственные экзамены. Этому способствовало также ясное понимание того, что никакого применения из этого экзамена я никогда не сделаю.

*) «Торжественно вопрошаю тебя! Решился ли ты клятвенно обещать и самым священным образом подтвердить то, что ты желаешь радеть по мере сил своих о благородных искусствах, продвигать их вперед и украшать их; и не ради корысти или стяжания пустой и ничтожной славы ты будешь делиться своими знаниями, но для того, чтобы шире распространялся свет божественной истины».

Но чем объясняется этот большой пробел в моем физическом образовании, а также более старых и более молодых, чем я, физиков? В академическом образовании кристаллография почти совсем растворилась в минералогических курсах, касающихся главным образом описательной стороны минералогии. В курсах по физике кристаллы обычно упоминались в оптике и немного в учении об упругости. И это было все. Подобным образом поступал и Фойгт, так много сделавший для кристаллофизики. Его основополагающее сочинение по кристаллофизике вышло лишь в 1910 г. Впрочем, может быть, эта неотягощенность знаниями имела благоприятное следствие в том отношении, что я позднее (в 1912 г.) смог приступить к вопросам кристаллофизики без всякого предвзятого мнения. Значительно позже, в мои франкфуртские годы (1914—1918 гг.), я до некоторой степени восполнил этот пробел, но никогда уже не смог достичь того наглядного пространственного представления, которым обладают те, кто занимался кристаллофизикой в более молодые годы. Однако на меня повлияла любовь подлинных кристаллографов к их предмету, о которой почти растроганно говорит Фойгт в предисловии к своей книге.

Осенью 1905 г. Планк предложил мне освободившееся место ассистента в Институте теоретической физики. С радостью я принял это предложение и провел на этом месте три года. Деятельность моя состояла в заведовании институтской библиотекой и просмотре письменных работ, которые Планк задавал студентам еженедельно после своих лекций. Вечером он требовал от ассистента доклада об этих работах и отбирал из них наиболее заслуживающие внимания, с тем чтобы днем обсудить их на практических занятиях. Я ревностно выполнял эти задания, будучи студентом. Но просмотр чужих работ был, пожалуй, еще более поучительным, потому что при этом я изучал возможные ошибки и недоразумения. А главное, я мог беседовать с Планком об этом и одновременно о других вопросах. В это же время начинается моя собственная научная деятельность. Правда, я уже в Геттингене опубликовал исследование, примыкающее к гипотезе Планка об естественном излучении. Это мое исследование касалось распространения естественного излучения в диспергирующих средах. Но теперь (опять-таки вслед за Планком) я смог глубже разобраться в обратимости отражения и преломления луча света.

Данная Планком формула для энтропии пучка света недвусмысленно показывала, что распределение энергии одного луча между двумя лучами, подобными ему в геометрическом отношении (и следовательно, например, равной длины), связано с увеличением энтропии, поскольку считалось, что их энтропии складываются. Если это так, то, согласно второму закону термодинамики, разделение луча на отраженный и преломленный лучи является необратимым процессом. Но простое оптическое рассмотрение интерференции показало, что оба эти луча благодаря их когерентности можно снова соединить в один, который ничем не будет отличаться от первоначального. Это была трудная задача. Применимо ли вообще второе начало к оптическим явлениям?

Объяснение дал вышеупомянутый принцип Больцмана, касающийся связи энтропии с вероятностью. Благодаря этому принципу стало ясно, что аддитивность энтропии должна иметь значение для когерентных лучей, но не может быть применена к когерентным лучам. Энтропия обоих лучей, возникших из одного луча путем отражения и преломления, точно равна энтропии первоначального луча.

Когда я после решающего обсуждения с Планком этой проблемы в доме, расположенном в Грюнвальде, вышел оттуда, то через час обнаружил, что нахожусь в зоологическом саду; но я совершенно не понимал, как я туда попал и что там искал. Так огромно было это переживание.

Однако я не собираюсь здесь входить в подробности каждой фазы моего исследования. Я знаю из других биографий, что это — сухое чтение, приятное, в лучшем случае, только для историков науки. Но некоторые пункты я все же здесь упомяну.

Когда я в 1905 г. возвратился в Берлин, я услышал в одном из первых физических курсов зимнего семестра (может быть, это был самый первый?) сообщение Планка о появившейся в сентябре этого года работе Эйнштейна «К электродинамике движущихся тел». Преобразование пространства и времени, которое предприняла теория относительности, изложенная в этой работе, показалось мне необычным. Сомнения, которые позднее открыто высказывали другие физики, не были чужды и мне. Но эти идеи «работали» во мне и дальше, так как впоследствии под руководством Планка я сделал ряд собственных исследований. Так, в 1907 г. я смог показать, как знаменитый опыт Физо по интерференции в движущихся средах, считавшийся до тех пор неопровержимым доказательством существования светового эфира, может быть включен в теорию, отрицавшую существование подобной квазиматерии; также не оправдалось прежде само собой подразумевавшееся сложение скоростей света и тела.

Я не знаю, было ли только это или что-нибудь еще другое причиной того, что в 1910 г. я получил от издательства «Фр. Фивег и сын» предложение написать монографию о теории относительности. Я это сделал и стал, таким образом, автором первого

систематического изложения этой теории. Моя книга встретила хороший прием и в течение года выдержала четыре издания. Я писал ее, переехав в 1909 г. из Берлина в Мюнхенский университет, в маленьком рыбацком домике, который стоял на берегу озера вблизи парка, откуда открывался великолепный вид на сады и горы. Так хорошо мне впоследствии больше никогда не было.

В Мюнхенском университете, кроме Рентгена, работал тогда Арнольд Зоммерфельд, который за несколько лет перед этим был приглашен на пустовавшую кафедру Больцмана. Этот замечательный преподаватель высшей школы оказывал огромное влияние на своих слушателей. Между прочим, он излагал также теорию рентгеновских лучей, в которой дал свое понимание возникновения рентгеновских лучей на антикатоде рентгеновской трубки; эта теория впоследствии хорошо подтвердилась. Она целиком стояла на почве волнового представления о рентгеновских лучах и, таким образом, противоречила корпускулярной теории, энергично защищавшейся В. Г. Брэгом в Англии. Материал для решения вопроса о правильности одного из этих двух взглядов доставили опыты Вальтера и Поля в Гамбурге над дифракцией рентгеновских лучей на клинообразной щели. Эта дифракция была фотометрически исследована первым ассистентом Рентгена П. П. Кохом. Зоммерфельд с успехом применил относящуюся сюда теорию дифракции и смог получить среднее значение длины волны, правда грубое, но еще до сих пор применимое (появилось в 1912 г.). Наконец, в его курсе лекций говорилось о данном Баркла доказательстве поляризации рентгеновских лучей, а также о характеристическом рентгеновском излучении химических элементов. Таким образом, я жил там в атмосфере, насыщенной вопросами о природе рентгеновских лучей. Сам Рентген тогда уже несколько отстранился от этого обсуждения. В течение лета он жил не в Мюнхене, а в Вейльгейме, находящемся в 60 километрах южнее Мюнхена. Для чтения лекций он ежедневно совершал поездки в поезде в Мюнхен и обратно. Он еще руководил своим институтом, из которого выходили полноценные работы его ассистентов и докторантов. Сам он также еще работал; например, вместе с Иоффе он исследовал некоторые вопросы кристаллофизики, которые его давно занимали. Однако он был чрезвычайно осторожен в отношении опубликования своих результатов; все время искали новые подтверждения, и поэтому дело никак не приходило к завершению...

Часто спрашивают, почему этот человек после своего выдающегося открытия 1895/1896 гг. так упорно воздерживался от дальнейших научных публикаций. Выдвигалось много мотивов для объяснения этого факта, и некоторые из них были мало лестны для Рентгена. Я считаю все эти мотивы ложными. По моему мнению, впечатление от того открытия, которое он сделал, когда ему было 50 лет, было таким сильным, что он никогда не мог от него освободиться. Несомненно, что любое великое духовное деяние подавляет того, кто его совершил. Кроме того, Рентген, как и другие исследователи, испытал слишком много неприятностей из-за разных дурных качеств людей. Насколько велико было открытие Рентгена, можно понять из того, что большое число других, часто выдающихся, физиков экспериментировали до Рентгена с теми же самыми вспомогательными средствами и тем не менее не могли открыть этих лучей. Подобное наступление на совершенно не изученную область требует, кроме острого глаза, также большого мужества и самообладания, которые дают возможность, несмотря на радость и возбуждение в связи с первым открытием, сохранить спокойствие и умственную ясность. Рентген должен был много потрудиться, чтобы между 1895 и 1897 гг. написать три статьи, которые настолько исчерпывали предмет, что целое десятилетие не могло прибавить ничего нового. С какой гениальной тщательностью были написаны эти статьи! Я знаю лишь очень мало сочинений об открытиях, которые содержат так мало упущений. У Рентгена все было в полном порядке.

Особенное значение для меня имело то, что в Мюнхене была еще жива традиция исследования пространственной решетки кристаллов, о которой едва ли вспоминали где-нибудь в другом месте. Это объяснялось отчасти тем, что до 1897 г. в Мюнхене работал Леонард Зонке, который много сделал для математической обработки этой проблемы. В коллекциях университетского института можно было видеть модели решеток. Большая заслуга принадлежит также минералогу Паулю Гроту, который в своих лекциях постоянно говорил о решетках.

В феврале 1912 г. П. Ф. Эвальд, докторант Зоммерфельда, который должен был математически исследовать поведение световых волн в пространственной решетке из поляризующихся атомов, но не мог прийти к правильным результатам, явился ко мне на квартиру и попросил совета. Конечно, я не знал, как ему помочь. Но при обсуждении этого вопроса мне пришла вдруг в голову мысль, что надо попробовать пропускать через кристаллы более короткие волны, а именно рентгеновские лучи. Если атомы действительно образуют пространственные решетки, то должны получиться явления интерференции, подобные световой интерференции на оптических решетках. Это предложение обсуждалось более молодыми физиками Мюнхена, которые каждое воскресенье собирались за столом в кафе Луц. Один из этой компании, Вальтер Фридрих, который незадолго до этого получил ученую степень за работу о рассеянии рент-

геновских лучей и на основании этого стал ассистентом Зоммерфельда, решил произвести экспериментальное исследование. Единственной трудностью было то, что Зоммерфельд сначала ничего не ожидал от этой идеи и предпочитал посадить Фридриха за опыты по изучению распределения направлений лучей, исходящих из антикатада. Но и это препятствие было преодолено, когда пришел на помощь Пауль Книппинг, докторант Рентгена. Фридрих и Книппинг начали опыты перед пасхой 1912 г.

Оба пришли к одному и тому же результату. Фотограмма излучения куска сульфата меди показала, наряду с первичным рентгеновским лучом, венчик дифракционного спектра решетки. В глубокой задумчивости шел я домой по Леопольдштрассе после того, как Фридрих показал мне эти снимки, и уже вблизи моей квартиры, находившейся на Бисмаркштрассе № 22, перед домом № 10 на Зигфридштрассе, мне пришла в голову мысль о математической теории этого явления. Незадолго до этого в статье для Энциклопедии математических наук я заново сформулировал восходящую к Шверду (1835 г.) теорию дифракции на оптической решетке. Мне надо было только учесть наличие трех периодов пространственной решетки, чтобы объяснить новое открытие. Наблюдаемый венчик интерференционных лучей удалось хорошо связать с каждым из трех условий интерференции, взятых в отдельности. Когда через две недели я количественно проверил теорию по другим лучшим снимкам и нашел, что она вполне подтвердилась, это был для меня решающий день.

Теория продолжала подтверждаться и в дальнейшем и гораздо лучше, чем можно было ожидать. Это было особенно поразительно потому, что она представляла собой только приближение. Около 1920 г. точные измерения в Зигбановском институте в Упсале дали небольшие отклонения от нее. Необходимое для их понимания уточнение теории произвел П. Ф. Эвальд. Но эта первая «геометрическая теория» вполне удовлетворяла огромному количеству исследованных с тех пор случаев. Эта теория оказалась применимой даже для интерференции электронов в кристаллах (открытой в 1927 г., с одной стороны, С. С. Дэвиссом и Л. Г. Джермером и, с другой стороны, Г. П. Томсоном), хотя не всегда так хорошо, как для рентгеновских лучей.

8 июня 1912 г. я доложил это открытие на заседании Немецкого физического общества в физическом институте Берлинского университета, на том самом месте, на котором в декабре 1900 г. Планк впервые говорил о своем законе излучения и теории квантов. С тех пор возникла большая литература по экспериментальным и теоретическим вопросам в этой области. Когда я в 1941 г. в книге «Интерференция рентгеновских лучей» изложил только теоретическую сторону дела, то оказалось, что для этого требуется 350 страниц. Первый большой шаг вперед после моих опубликованных исследований сделали в 1913 г. В. Г. и В. Л. Брэгги.

Этот шаг вряд ли я сам мог бы сделать, так как он касался главным образом детального исследования отдельных кристаллических структур. Меня же во всех областях физики интересовали прежде всего большие общие принципы. Поэтому на меня такое большое впечатление производили лекции Планка, который глубоко излагал эти принципы и подчеркивал их значение. Принципиальные вопросы о природе рентгеновских лучей, с одной стороны, и кристаллов, с другой, были достаточно решены при помощи опытов Фридриха и Книппинга. Брэгги отдавали предпочтение отдельным веществам; они углублялись в структуру хлористого натрия, алмаза и дальше до сложнейших силикатов. Физика нуждается в исследователях различного дарования и быстро пошла бы в тупик, если бы все физики были одного и того же умственного типа.

История открытия интерференции рентгеновских лучей ясно характеризует ценность научной гипотезы. Уже задолго до опытов Фридриха и Книппинга многие физики пропускали рентгеновские лучи через кристаллы. Но их наблюдения ограничивались прямо проходившим лучом, относительно которого они не могли высказать ничего замечательного, кроме утверждения о его ослаблении при прохождении через кристалл; от их внимания ускользали гораздо менее интенсивные отклоненные лучи. Лишь гипотеза пространственной решетки кристалла дала мысль о необходимости исследовать эти лучи. Само собой разумеется, что эти лучи наблюдались бы независимо от применения более сильных рентгеновских трубок, появившихся в связи с прогрессом техники. Какой-либо случай все равно привел бы к их обнаружению. Но трудно предвидеть, когда это случилось бы. Мы можем только определенно сказать, что идея пространственной решетки была необходимой для объяснения факта существования этих лучей.

Как уже было сказано, я не собираюсь здесь давать полную картину моей научной работы и подробно входить в мои доклады о математической разработке теории интерференции рентгеновских лучей. Я хочу указать только на ряд опубликованных работ, в которых проявилось влияние вышеупомянутого изучения теории Максвелла. В течение нескольких лет до 1934 г. я был теоретическим консультантом Физико-технического государственного института и имел тесный личный и научный контакт с Вальтером Мейснером, которого я знал еще со времени моей ассистентской работы

как участника исследований Планка. Он был с тех пор сотрудником Государственного института и руководителем его лаборатории низких температур. Его особенно интересовала сверхпроводимость — удивительное исчезновение электрического сопротивления, обнаруживающееся у некоторых металлов при охлаждении до температуры жидкого гелия. Было известно, что достаточно сильное магнитное поле разрушает сверхпроводимость. Однако измерения показывали непонятную зависимость необходимой для этого силы поля от направления поля по отношению к оси проволоки; только в этой форме исследовали тогда эти металлы. Мне пришла в голову мысль, что сверхпроводящая проволока сама усиливает поле, и именно таким образом, что у ее поверхности появляется значительно большее напряжение поля, чем на некотором отдалении от нее. Мое предположение о том, что для разрушения сверхпроводимости фактически всегда требуется одинаковая напряженность поля, можно было легко количественно оформить и перенести на другие формы тел, например, на сверхпроводящие шары. Я доложил об этом в 1932 г. на сессии физиков в Бад-Наугейме при получении медали Планка. Поставленные в связи с этим опыты де Гааза и сотрудников лаборатории низких температур в Лейдене полностью подтвердили мое предположение. Позже я занимался еще термодинамикой сверхпроводимости и, примыкая к Фрицу и Гейнсу Лондонам, — расширением теории Максвелла с тем, чтобы включить в нее явление сверхпроводимости. Однако не удалось еще пока проверить на опыте все следствия; здесь остались существенные задачи, требующие своего разрешения в послевоенное время.

Все изложенное я писал в 1944 г., и оно должно было еще тогда пойти в печать. Обстоятельства военного и послевоенного времени помешали этому, и лишь теперь (1951 г.) представляется возможность опубликования. Но за это время случилось многое, что должно найти свое отражение в моей автобиографии, и поэтому я решил ее дополнить. Я долго сомневался, подойдет ли к этому материалу заглавие «Мой творческий путь в физике» и не лучше ли выбрать теперь заглавие «Заключительный аккорд». Но, в конце концов, творческий путь у подлинных ученых кончается только со смертью.

Если я должен вернуться далеко назад, то надо рассказать следующее. В 1897 г. по окончании гимназии мне волей-неволей пришлось примириться с военной службой, хотя всеобщая воинская повинность, носившая на себе в те мирные времена печать Бисмарка, представлялась мне необоснованным вмешательством государства в мою личную жизнь и растратой времени, необходимого для научного роста. На первый взгляд, может показаться, что после преодоления первых трудностей я жил неплохо; я стал офицером запаса, когда по настоянию моего отца подал соответствующее заявление и сдал при этом все требуемые испытания. Но все мое существо восстало против военщины. Я не буду здесь говорить о том, какие невоенные обстоятельства все более обостряли это чувство и в конце концов привели меня к тяжелому заболеванию. Но во всяком случае, после этого я уже мог со спокойной совестью ходатайствовать об отставке, которую я и получил в 1911 г. В 1914 г., когда разразилась первая мировая война, в которой с Германией поступили несправедливо (это было тогда моим глубоким убеждением, и оно сохранилось до сих пор), я попытался снова поступить на военную службу. Я даже отказался от предложенной мне хорошей академической должности в Швейцарии, чтобы разделить участь немецкого народа, хотя и предвидел, что участь эта будет тяжелой. Но меня не приняли в армию; этому помешали те же самые обстоятельства, о которых, как я уже указывал, я не буду здесь говорить. Хотя я тогда очень страдал из-за этого отказа принять меня на военную службу, но, как оказалось впоследствии, все вышло к лучшему. Когда меня опять хотели мобилизовать на гитлеровскую войну, я добился освобождения, сославшись на то, что меня забраковали. Моего единственного сына я уже в 1937 г. послал в Америку, чтобы его не заставили сражаться за Гитлера.

В моей жизни я проявил достаточно ума, чтобы по возможности держаться вдали от политической деятельности, которая выходила бы за пределы участия в выборах, и это — несмотря на мои сильные политические интересы; я знал свои границы. Но кто мог избежать политики после 1932 г., когда все и вся было пронизано политической и оценивалось политически? Особенно тяжело на меня действовали беззаконие и произвол национал-социализма, унижавшие мою гордость ученого, а также вмешательство в свободу науки и высших школ. У меня было всегда, еще со школьных лет, мягко выражаясь, непреодолимое отвращение к антисемитизму, хотя меня самого это не касалось; никогда до 1933 г. при заключении дружбы у меня не было в мыслях вопроса о «расе» моего друга. Никогда, даже в 1918—1919 гг., я не был поэтому в таком отчаянии по поводу судьбы моей родины, как во время ее смертельной борьбы в 1933/1934 гг.,

до тех пор, когда она 4 августа 1934 г. получила последний смертельный удар кинжалом в спину. Подобно многим другим, тогда я тайно часто цитировала стихи:

«Denk ich an Deutschland in der Nacht,
So bin ich um den Schlaf gebracht» *).

Передко при пробуждении, вспоминая ужасы предыдущего дня, я спрашивал себя, не снится ли мне все это. Но, к сожалению, это была действительность, жестокая действительность.

Однако я не позволял этим настроениям парализовать мою волю. Поскольку это было в моих возможностях, я помогал жертвам национал-социализма, прежде всего своевременными предостережениями; в особенности это относится к тем моим товарищам, которые лишались должности. В отдельных редких случаях эти люди смогли продержаться в Германии в течение всего этого злосчастного времени благодаря помощи — не только моей. Гораздо чаще, однако, я расчищал дорогу для тех, которые эмигрировали, посылая в заграничные организации помощи сведения об их личности, семейных обстоятельствах, особых способностях и желаниях. В связи с тем, что почтовая цензура перехватывала подобные письма, эти сведения приходилось отправлять через границу более надежными путями. Однажды я перевез в Чехию на своем автомобиле одного человека, которого преследовали. Это было тогда гораздо легче, чем многие думают. Но все это должно было совершаться возможно более конспиративно.

Однако о своих убеждениях я заявил официально. Об этом свидетельствуют два документа, которые я публикую в приложении к этой работе **). Первый документ — это текст речи, произнесенной мною как председателем Германского физического общества на съезде физиков в Вюрцбурге 18 сентября 1933 г. и вскоре затем опубликованной в физическом журнале. Другой документ — это мой некролог о выдающемся представителе физической химии Фрице Габере, увольнение и изгнание которого принадлежит к числу особо «доблестных» деяний гитлеровщины. Этот некролог появился весной 1934 г. в «Naturwissenschaften». За это я получил выговор от Министерства культа. Там, видно, ощущали потребность сделать что-либо для моего «развлечения».

Будучи профессором Берлинского университета и заместителем директора Физического института имени имп. Вильгельма, я был связан с Берлином и после 1939 г. Эта связь ослабела, когда Министерство культа уволило меня на пенсию 1 октября 1943 г. Это было сделано за год до того, как я достиг соответствующего возраста, но, однако, я дал на это согласие. В середине апреля 1944 г. я был в Берлине во время воздушных бомбардировок. Я видел, например, незабываемой ночью 15—16 февраля 1944 г., как горел Химический институт имени имп. Вильгельма, которым руководил Отто Ган. Над крышей и взорванной южной стеной монументального здания бушевало море огня — страшное и величественное зрелище! Когда Физический институт имени имп. Вильгельма был эвакуирован из Далема, а мой дом в Целендорфе хотя и не был приведен в окончательную негодность бомбами, но стал очень неудобным, я переселился вместе с институтом в Гехинген. Там, вблизи крепости Гогенцоллернов, я и моя жена провели спокойный год. Над городом часто проносились флотилии самолетов, но почти не трогали его. И поэтому я вспоминаю этот период, как относительно счастливый, хотя мы не были избавлены от лишений военного времени. Кроме того, и в это время мы видели немало ужасов гитлеровского режима; хороший друг вдруг арестовывался на улице, и мы не без основания боялись, что его застрелят. Оборонные мероприятия в Гехингене хотя и носили ребяческий характер, оказались бы опасными, если бы дело действительно дошло до борьбы. К счастью, победили те, кто понимал, как бесплодно подобное сопротивление. С чувством облегчения увидели жители городка 23 апреля 1945 г. французские и испанские республиканские войска, вошедшие без борьбы в город, несмотря на все военные меры, связанные с такого рода «завоеваниями». Все это никого уже не могло удивить.

Но неожиданным оказался приход англо-американских войск, которые на следующий день после своего появления заняли Институт имени имп. Вильгельма и обыскали его. Как выяснилось позднее, это было связано с американским предприятием «Альзос»***). В этом предприятии участвовали люди из научного мира, между прочим, мой почтенный коллега С. Гоудсмит. К моему удивлению и потехе, он внезапно появился в нашей квартире в стальном шлеме. Несмотря на свою деятельность, он был в глубоком трауре по родителям, которые были изгнаны в Голландию, а оттуда переведены

*) «Думая ночью о Германии,

Теряю я сон».

**) Текст этих документов читатель может найти в книге: М. Л а у э, История физики, М., Гостехиздат, 1956, стр. 196—200. (Прим. ред.)

***) «Альзос» — кодовое наименование совершенно секретного разведывательного предприятия, созданного высшим американским командованием в 1943 г. для сбора информации о состоянии атомных исследований в Германии. (Прим. ред.)

в лагерь уничтожения, где и были умерщвлены (Гейзенберг и я, когда мы узнали об этих намерениях в отношении родителей Гоудемита, хотели тотчас же вмешаться, но было уже слишком поздно). Эти части, когда они уходили, взяли с собой ряд физиков-ядерщиков, а также меня, оказав мне совершенно незаслуженную честь причислением к этому роду физиков. Благодаря нескольким пополнениям эта группа в конце концов выросла до десяти человек. Нас перевезли сначала в Гейдельберг, оттуда в Реймс, а потом в парижское предместье Везине; затем нас перевезли в прелестный замок Факевал, южнее Гуи (в Бельгии), и, наконец, в Хантингдон в Англии.

Мы не могли пожаловаться на обхождение. После лишений военного времени военный паек казался нам превосходным. В Хантингдоне мы имели в своем распоряжении, кроме просторного зала замка двухсотпятидесятилетней давности, часть примыкающего сада. Перед нами открывался прекрасный вид на старый парк, простиравшийся до Аузы; мы имели английские и американские газеты, журналы, некоторые научные сочинения; при помощи прекрасного приемника мы могли слушать великолепные музыкальные передачи лондонского радио. Нередко кто-либо из охранявших нас английских офицеров брал нас в автомобильные поездки по прекрасным окрестностям Хантингдона, к знаменитым соборам Петербора или Эли. Нас возили даже в Лондон, где, между прочим, жили единственные допущенные к нам врачи (терапевт и зубной врач). Но мы никогда не смогли побывать в расположенном недалеко от Хантингдона Кэмбридже; нас могли узнать в этом университетском городе, а наше содержание было строго засекречено. Первые четыре месяца мы не имели никакой связи с нашими семьями. Позднее мы, правда, смогли им писать, но не должны были упоминать страны, в которой находились. Это свидетельствовало об определенной неуверенности победителей относительно того, как они должны подходить к немецким физикам, способности которых они ценили, но в то же время боялись «опасности» с их стороны. Хотя эта ситуация часто приводила к комическим моментам, но все же она нас духовно угнетала. Мне удалось в Хантингдоне написать одну работу о поглощении рентгеновских лучей в случае интерференции, появившуюся позднее в «Acta Crystallographica». Частые беседы до некоторой степени будили нашу умственную деятельность.

В начале 1946 г. мы были освобождены из Англии, и после временного пребывания в Вестфалии большая часть из нас попала в Геттинген. До апреля 1951 г. я опять работал там в качестве заместителя директора Физического института имени имп. Вильгельма, а вскоре получил также назначение на должность штатного профессора в университете. В это время я написал книгу о теории сверхпроводимости, отчасти заново переработал мою книгу о волнах материи, а также опубликовал несколько статей в журналах. Я смог также почти закончить переработку в рукописи моего первого сочинения — книги по теории относительности, которая уже давно была распродана. В апреле 1951 г. я получил приглашение на место директора Института физической химии и электрохимии при Высшей исследовательской школе. Это был некогда основанный Фрицем Габером Институт имени имп. Вильгельма. Весьма странно, конечно, что подобное место было предложено человеку, которому уже исполнился 71 год, и было принято им. Но не является ли весь современный Берлин странным явлением?

Меня часто спрашивали, почему я не эмигрировал из Германии во времена гитлеровщины. Для этого у меня были веские основания. Одним из них является, например, то, что я не хотел отнимать ни у кого из нуждающихся больше меня коллег должность, получить которую за границей было трудно. Но, главное, я хотел быть на месте, чтобы иметь возможность после крушения «третьей империи» (которое я предсказывал и на которое надеялся) тотчас же приступить к культурному возрождению на руинах, созданных этим государством. Этому была посвящена большая часть моей деятельности после 1945 г.
