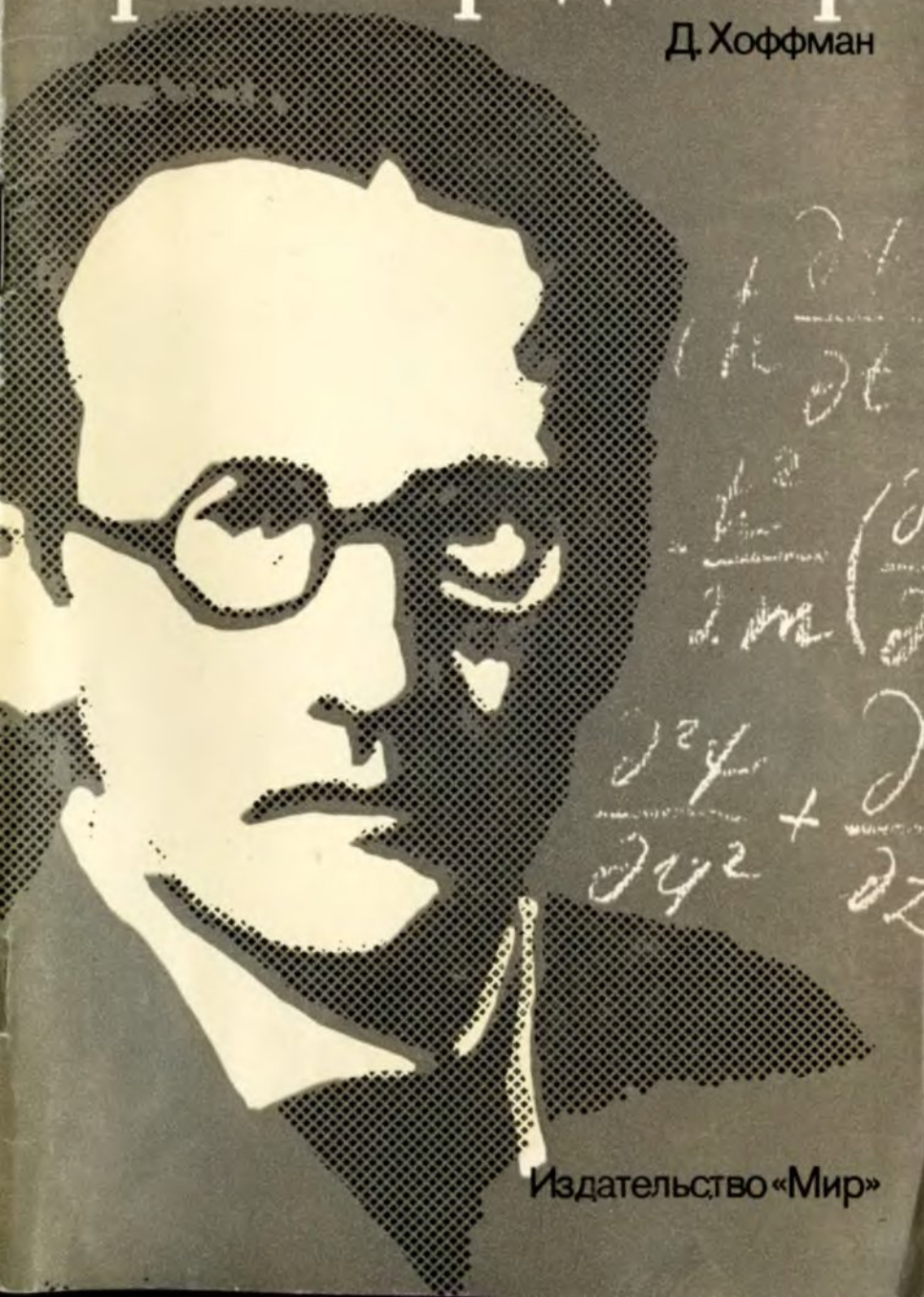


Эрвин Шредингер

Д. Хоффман



Издательство «Мир»

Эрвин Шредингер

Biographien
hervorragender Naturwissenschaftler,
Techniker und Mediziner

Band 66

Dr. Dieter Hoffmann

Erwin Schrödinger



Эрвин Шредингер
(12.VIII.1887—
4.I. 1961).

E. Schrödinger.

Д. Хоффман

Эрвин Шредингер

Перевод с немецкого
А. С. Доброславского

под редакцией
д-ра физ.-мат. наук А. Т. Григорьяна
и канд. физ.-мат. наук В. П. Визгина



Москва «Мир» 1987

ББК 22.3г
Х85
УДК 53(09)

Хоффман Д.
Х85 Эрвин Шредингер: Пер. с нем. — М.: Мир,
1987. — 96 с., ил.

В книге историка физики из ГДР Д. Хоффмана в популярной форме кратко излагаются основные биографические данные одного из основателей квантовой механики Э. Шредингера, лауреата Нобелевской премии, иностранного почетного члена АН СССР, а также рассказывается об основных идеях волновой механики. Основные положения волновой механики представлены на высоком научном уровне, но популярно и с большой ясностью. Биографический материал подобран на основе современного уровня знаний о жизни и творчестве Э. Шредингера и содержит много интересного фактического материала.

Для читателей, интересующихся историей физики.

X $\frac{1704010000-021}{041(01)-87}$ 60—88, ч. 1

ББК 22.3г

Редакция литературы по физике и астрономии

© BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft,
Leipzig, 1984

© перевод на русский язык, «Мир», 1987

Предисловие редакторов перевода

«Что существует более выдающегося в теоретической физике, чем его первые шесть работ по волновой механике?» — спрашивал или, скорее, восклицал М. Борн, имея в виду серию знаменитых статей Э. Шредингера 1926—1927 гг. по квантовой механике. Именно в этих работах впервые появились и «уравнение Шредингера», и «представление Шредингера», и «функция Шредингера», или волновая функция, которые вошли в золотой фонд теоретической физики XX века.

Было приложено немало усилий, чтобы изучить историю создания квантовой механики, одним из главных героев которой является великий австрийский физик. Однако биографическая литература о Шредингере очень скудна. Достаточно сказать, что в англоязычной литературе имеется лишь одна биография Шредингера (книга В. Скотта, вышедшая в 1967 г., — см. список литературы, приведенный в конце книги [74]), а на немецком языке книга Д. Хоффмана является фактически первой биографией Шредингера, а теперь и первой его биографией на русском языке.

А ведь в свете современного понимания историко-научного исследования его неотъемлемым элементом, необходимым звеном является биографическое и научно-биографическое направление. Из восьми аспектов комплексного историко-научного исследования («восемеричный путь» Дж. Холтона) по крайней мере четыре или пять аспектов теснейшим образом связаны с «биографическим контекстом». Предлагаемый читателю перевод новой биографической книги о Шредингере заполняет, по крайней мере отчасти, досадный пробел в научно-биографической литературе, особенно русскоязычной. Мы говорим «отчасти», поскольку книга Д. Хоффмана невелика по объему и в нее поэтому не удалось включить многие важные детали жизни и творчества австрийского ученого.

Тем не менее автору удалось, на наш взгляд, на основе анализа главных первоисточников, основного

массива историко-научных и прочих работ последовательно и ярко рассказать о Шредингере, его личности и научных трудах. Как раз в 1987 г. исполняется 100 лет со дня рождения героя этой книги. Год рождения его был своеобразной прелюдией к научной революции в физике в первой трети XX века, с которой имя Шредингера связано навечно. Именно в 1887—1888 гг. А. Майкельсон и Э. Морли экспериментально зафиксировали отсутствие «эфирного ветра», и это открыло путь к теории относительности. В это же время усилиями Г. Герца, В. Гальвакса, А. Риги и А. Г. Столетова было открыто и исследовано явление фотоэффекта, послужившего одним из важнейших экспериментальных стимулов при разработке квантовой теории. Шредингер всего на два года моложе Н. Бора. Его первые научные работы относятся к 1910—1912 гг. Но фактически и квантами, и теорией относительности он занялся только после первой мировой войны, когда перешел 30-летний рубеж. А свой главный труд, волновую механику, он создал еще спустя почти 10 лет, т. е. в сорокалетнем возрасте. Для физиков-теоретиков XX века это далеко не самые творческие годы. Из ученых такого же масштаба в этом отношении он сравним только с М. Планком, стоявшим у истоков квантовой теории¹⁾.

Поразителен творческий диапазон Шредингера. В XX веке это редкий и в высшей степени примечательный образец универсального теоретика, чрезвычайно широкого по своим интересам исследователя (в противоположность распространенному и, к сожалению, в общем верному представлению о современном ученом как крайне узком специалисте). Квантовая механика и электродинамика, элементарные частицы и космические лучи, статистическая механика и термодинамика, общая теория относительности, космология и единые геометризованные теории поля, проблемы учения о цвете, пионерские работы на стыке физики и биологии, глубокие, хотя и не всегда бесспорные экскурсы в историю философии и философию научного знания — это далеко не полный перечень тех областей науки, весьма отдаленных друг от друга, в которые

¹⁾ Параллель между Шредингером и Планком, идущая значительно дальше их «звездного» сорокалетия, отмечалась Л. С. Полаком ([1*], с. 371).

Шредингер внес заметный или основополагающий вклад.

Сфера его интересов выходила далеко за пределы физики и естествознания вообще. Он был знатоком античной и восточной философии, великолепно знал мировую литературу (он владел шестью языками, в том числе древнегреческим и латинским, и многое читал в оригинале), он, наконец, писал стихи (в 1949 г. вышел томик его стихотворений; перевод некоторых из них приведен и в предлагаемой читателю книге). Его кабинет походил на студию художника — физик увлекался лепкой. Этот универсализм и гуманитарные интересы выдающегося теоретика заслуживают не только восхищения, но и раздумий со стороны историка науки. Стимулировало ли это исследовательскую мысль ученого? И если да, то каков здесь возможен механизм? Эти интригующие вопросы возникают при чтении книги.

Один из главных творцов квантовой механики до конца жизни был противником общепринятой вероятностной трактовки этой теории и упорно стремился свести ее к чисто континуальной и детерминистской (в духе классической причинности) формулировке. В этом отношении он был в одном лагере с А. Эйнштейном, М. Планком, Л. де Бройлем и М. фон Лауэ, которые на разных рубежах отстаивали классические принципы в противовес стандартному пониманию квантовой механики, связанному с принципами дополненности и неопределенности и вероятностным истолкованием волновой функции. Одну из альтернатив квантовой механики как глобальной программы синтеза физики он, как и Эйнштейн, видел в общей теории относительности и единых геометризованных теориях поля, в разработку которых внес немало ценного. Он одним из первых обратил внимание на трудности с законом сохранения энергии-импульса в общей теории относительности и ему же принадлежит исключительно ясное и элегантное изложение этой теории, содержащее также набросок одной из наиболее красивых единых теорий поля, которая опирается на геометрию аффинной связности¹⁾.

Бурные события социально-политической истории,

¹⁾ Речь идет о книге *E. Schrödinger. Space-Time Structure. Cambridge Univ. Press., 1950.*

прежде всего две мировые войны, приход фашизма к власти в Германии и захват фашистами Австрии, не прошли бесследно и для Шредингера: его бросало из Германии в Австрию, оттуда в Италию, Швейцарию, Бельгию, затем надолго он обосновался в Дублине, где проработал почти 17 лет, и только за несколько лет до смерти вернулся на родину. Во время первой мировой войны он в течение нескольких лет служил артиллерийским офицером в Италии. Наиболее продуктивные и счастливые годы он провел в Цюрихе (с 1921 по 1927 г.), где и была создана волновая механика, и в Берлине (с 1927 по 1933 г.; в 1927 г. он занял кафедру теоретической физики в Берлинском университете, сменив М. Планка, а в 1933 г. после получения Нобелевской премии покинул Германию), где он работал, непосредственно общаясь с Эйнштейном, Планком, Лауэ и другими близкими ему по духу физиками. Кстати, автор, будучи специалистом по истории физики в Берлине, дал особенно обстоятельное описание берлинского периода жизни ученого, используя при этом новые архивные материалы.

Книга написана ясно и доступно, специальные вопросы излагаются кратко, но точно. Автор принял во внимание весьма обширную историческую литературу, касающуюся Шредингера и его трудов. Конечно, при столь небольшом объеме книги далеко не обо всех интересных и важных работах ученого удалось рассказать. На наш взгляд, несколько большего внимания заслуживают работы по гравитации и единым теориям поля. Но все же главные, доминантные линии жизни и научного творчества Шредингера охвачены. Автор сумел нарисовать весьма привлекательный образ человека и исследователя, может быть, одного из последних истинных ученых-универсалов, в мышлении которого загадочным образом, но весьма плодотворно переплетались естественнонаучные линии с философскими и гуманитарными. Жизнь его, как это увидит читатель, была полна драматизма, связанного с острыми научными спорами по проблемам интерпретации созданной им же (а также В. Гейзенбергом, П. Дираком и др.) квантовой механики и с жизненными коллизиями, вызванными бурными событиями гражданской истории.

Научные достижения Шредингера весьма рано нашли признание советских ученых. Уже в 1928 г. он был

избран иностранным членом-корреспондентом АН СССР (членом Берлинской академии наук он стал только через год после этого).

Поскольку автор не привел в списке литературы ссылок на советские работы о Шредингере и его научных достижениях, мы сочли необходимым указать несколько работ на русском языке (прежде всего сборники работ самого Шредингера).

1*. *Шредингер Э.* Избранные труды по квантовой механике. Серия «Классики науки». Пер. с нем./Под ред. Л. С. Полака; автор комментариев В. П. Визгин. — М.: Наука, 1976, 424 с. (содержит все основные работы по волновой механике 1926—1927 гг., ряд других работ, связанных с созданием и последующим развитием квантовой механики, избранную переписку Шредингера с Планком, Эйнштейном и Г. А. Лоренцем, а также большую статью Л. С. Полака «Э. Шредингер и возникновение квантовой механики», с. 347—392).

2*. *Шредингер Э.* Новые пути в физике. Статьи и речи. Пер. с нем./Отв. ред. Л. С. Фрейман; сост. У. И. Франкфурт. — М.: Наука, 1971, 428 с. (содержит некоторые обзорные, научно-популярные и философские статьи, которые не вошли в [1*], обширную работу по теории цвета, ряд статей А. Зоммерфельда, Я. И. Френкеля, В. Гейзенберга, М. Борна, П. Дирака, В. Гайтлера о Шредингере и по истории и методологии квантовой механики, а также статью *Франкфурт У. И., Френк А. М.* «Научное творчество Шредингера», с. 398—408).

3*. Сб. «50 лет квантовой механики»/Отв. ред. Л. С. Полак. — М.: Наука, 1979, 136 с. (в статьях Л. С. Полака, М. А. Ельяшевича, С. Ф. Шушурина, В. П. Визгина обсуждаются различные аспекты истории волновой механики).

4*. *Шредингер Э.* Что такое жизнь? С точки зрения физика. — 2-е изд. — М.: Атомиздат, 1972, 88 с. (1-е изд. вышло в 1947 г.).

Ссылки на другие, в общем немногочисленные советские работы о Шредингере и по истории создания волновой механики можно найти в библиографии к работам [1*—3*].

В заключение несколько слов об авторе книги. Дитер Хоффман (род. в 1948 г. в Берлине) — один из ведущих специалистов ГДР по истории физики. Он

выполнил ряд исследований в области истории физики в Берлине, а также в Чехословакии, Венгрии, Румынии и в СССР. В 1975 г. защитил диссертацию по истории создания транзисторов. Работает в Институте теории, истории и организации науки АН ГДР в Берлине (в отделе истории науки). В настоящее время в СССР готовятся две его публикации: о М. Планке как преподавателе и общественном деятеле («Исследования по истории физики и механики») и о найденном им в Центральном государственном архиве Октябрьской революции письме А. Эйнштейна одному из советских изобретателей («Эйнштейновский сборник»).

А. Т. Григорьян
В. П. Визгин

Предисловие

За 74 года, разделяющие рождение и смерть Эрвина Шредингера, произошло революционное преобразование основ физической науки. Начало той эпохи, которую сегодня несколько упрощенно называют «атомным веком», приходится на пору его юности. Возникли теория относительности и квантовая механика. Именно с квантовой теорией неразрывно связано имя Эрвина Шредингера: трудно переоценить его вклад в развитие этой науки. Квантовомеханическое волновое уравнение Шредингера занимает центральное место в этой теории и ставит своего создателя в ряд величайших ученых. Уравнение Шредингера как метод решения квантовомеханических задач оказалось весьма удобным и продуктивным, а имя Шредингера, пожалуй, является одним из наиболее часто цитируемых в физической литературе.

Выдающийся ученый сочетался в Эрвине Шредингере с замечательным человеком, секрет обаяния которого крылся в его разносторонней образованности. Он воплощал редкий в нашем столетии тип ученого, перешагнувшего границы узкой специализации. Шредингер был философом в физике. Для него решение конкретной научной задачи представляло ценность лишь как этап в постижении человеком всеобъемлющих взаимосвязей, и поэтому он стремился сделать свои идеи достоянием самого широкого круга людей, а не только коллег-физиков.

Разумеется, некоторые из полученных им результатов сегодня предстают в ином свете, а то и вовсе оказываются неверными. Однако в его трудах изложение отличается таким необычайным мастерством, что простое чтение их доставляет интеллектуальное и эстетическое наслаждение. Многие современники поражались его энциклопедичности: он бегло говорил по-английски, знал французский, испанский, итальянский, владел латынью и древнегреческим, предпочитал читать великие произведения мировой литературы в оригинале и сам писал стихи. Он обладал глубокими по

знаниями в философии, истории и многих других науках. Гениальный творец волновой механики, универсальный ученый за свою богатую событиями жизнь заслужил многочисленные почести и высочайшее признание современников. Тем не менее он с удивительной скромностью замечал: «Я не настолько преклоняюсь перед собственной персоной, чтобы братья за свое жизнеописание».

Но сегодня преклонение перед именем Эрвина Шредингера кажется нам само собой разумеющимся и пусть эта небольшая книжка послужит тому еще одним свидетельством. Автор стремился прежде всего объективно проанализировать важнейшие моменты многосторонней деятельности Шредингера. Чтобы дать более яркое представление о личности ученого, мы старались как можно чаще цитировать его сочинения.

Я благодарен коллегам и друзьям, оказавшим помощь в работе над этой биографией. Особую благодарность я приношу проф. Ф. Гернеку (Берлин), проф. Х. Мельхеру (Потсдам), д-ру В. Борделю (Берлин) за важные советы и предоставленные в мое распоряжение материалы. За ценные критические замечания и интерес к этой книге я признателен проф. Д. Гётц (Потсдам) и проф. Г. Лайтко (Берлин). Г-жа Р. Браунитцер (Альпбах), дочь Эрвина Шредингера, а также сотрудники библиотеки Института им. Нильса Бора в Копенгагене любезно предоставили в мое распоряжение иллюстративный материал. Наконец, я должен поблагодарить мою жену за внимательный критический просмотр рукописи и помощь при корректуре.

Берлин, осень 1982 г.

Дитер Хоффман

Детство и юность

Эрвин Шредингер родился 12 августа 1887 г. в Вене. «Жизнерадостная и непринужденная» атмосфера тогдашней столицы австро-венгерской монархии, важнейшего экономического и культурного центра, определила мировоззрение и характер молодого Шредингера. Как истинный венец он живо интересовался науками и искусством. Этому способствовала и обстановка в родительском доме, где в значительной мере сформировались разносторонние интересы будущего физика, которым он не изменял всю последующую жизнь.

Рудольф Шредингер, отец ученого, владел доставшейся ему по наследству фабрикой по производству клеенки, которая не только обеспечивала семье безбедное существование, но и давала ее владельцу возможность удовлетворять свои естественнонаучные интересы. Он часто выступал в Венском ботанико-зоологическом обществе с научными докладами, в течение долгих лет состоял вице-президентом этого общества и слыл высокообразованным и культурным человеком. Мать — дочь химика Александра Бауэра, у которого Рудольф Шредингер в продолжение нескольких семестров слушал лекции, — была женщиной чуткой и по натуре жизнерадостной; она окружила сына заботой, теплотой и пониманием. Детство и юность Эрвина Шредингера были безоблачны. Он встречал поддержку во всех своих устремлениях, а отец был для него к тому же «другом, учителем и неутомимым собеседником».

Финансовое положение семьи позволило не отдавать Эрвина до одиннадцати лет в обычную школу: вместо этого он дважды в неделю занимался дома с учителем. В 1898 г., успешно выдержав вступительные экзамены, он поступает в престижную венскую Академическую гимназию. Здесь Эрвин Шредингер получил среднее образование, которое по традиции имело гуманитарный уклон: основной упор делался на древние языки — латынь и греческий. Математика,

физика и другие естественные науки занимали в учебной программе далеко не главное место. Однако некоторый недостаток фактического материала в этой области компенсировался тем, что обучение было ориентировано на всемерное развитие логического мышления, сообразительности и аналитических способностей, иначе, конечно, Шредингеру, да и многим его современникам, было бы трудно проявить себя впоследствии в области естественных наук. Эрвин был незаурядным учеником и в каждом классе неизменно оказывался первым. Позднее он писал об этом времени:

«Я был хорошим учеником и одинаково относился ко всем предметам: любил математику и физику, но также строгую логику старых грамматик; я только ненавидел зубрежку «случайных» исторических и биографических дат и событий. Я любил немецких поэтов, особенно драматургов, но испытывал чувство отвращения к школьным разборам их произведений» ([27], с. 86).

Об одаренности и работоспособности молодого человека говорит хотя бы то, что после занятий в школе ему не требовалось повторять уроки, и он в свое свободное время с большим усердием изучал современные иностранные языки и отдавался чтению. Он глубоко понимал поэзию австрийского классика Франца Грильпарцера, многие его произведения знал наизусть или видел на представлениях Венского театра, постоянным посетителем которого был. К Эрвину Шредингеру, который позднее овладел шестью иностранными языками и сам издал небольшой сборник стихов, в полной мере можно было бы отнести признание его знаменитого соотечественника Людвиг Больцмана о том, что не будь Шиллера, он хотя и был бы человеком с такой же бородой и носом, но уж никак не тем, чем он стал.

И все же после блестяще сданных выпускных экзаменов перед молодым Шредингером не стояло проблемы выбора. Математика и физика захватили его без остатка. Осенью 1906 года он поступил в Венский университет, выбрав в числе других и курсы этих наук. К тому времени в Вене уже сложились выдающиеся традиции в области физики: после Йозефа Лошмидта и Йозефа Стефана здесь до своей трагической гибели летом 1906 года работал Людвиг Больцман, оставивший на деятельности физического института неизгладимый отпечаток своей яркой личности. Вместе с Больцманом, который был директором Первого физического института и профессором теоретической физи-

ки, во Втором физическом институте с 1891 года работал экспериментатор Франц Экснер. Конечно, по своему научному потенциалу Экснер во многом уступал гению Больцмана, однако институт Экснера стал школой, из которой вышло целое поколение австрийских физиков. Здесь Экснер «взрачивал молодые таланты», как выразился Альберт Эйнштейн по отношению к Арнольду Зоммерфельду ([85], с. 98), и громкие имена учеников Экснера говорят сами за себя: Фриц Эренгафт, Фриц Газенорль, Виктор Гесс, Карл Фридрих Вильгельм Кольрауш, Стефан Мейер, Мариан фон Смолуховский, Эгон фон Швейдлер и др. Эрвин Шредингер был покорен личностью Франца Экснера. Влияние Экснера на Шредингера было глубоким и продолжительным; оно не ограничилось тем, что блестящие лекционные демонстрации дали юному студенту первое живое представление о красоте физической науки и позволили ему постичь азы этой дисциплины.

Талантливый педагог, близко к сердцу принимавший успехи и неудачи своих учеников, Экснер стремился всячески поощрять Шредингера и всеми способами развивать его творческие способности. Духовная связь между учителем и учеником особенно укреплялась еще и тем, что оба они были людьми высокой культуры и могли не только общаться на узкоспециальной почве, но и беседовать на самые разнообразные научные и философские темы. Не случайно свои первые шаги в науке Шредингер сделал именно в тех областях, где сосредоточил свои интересы и сам Экснер: атмосферное электричество, метеорология и физическое учение о цвете. Экснер, придававший особое значение философским и методологическим вопросам, не только привлек внимание молодого Шредингера к этим проблемам, но и привил ему материалистическое мировоззрение, а также повлиял на его отношение к концепциям атомизма и индетерминизма.

То, что его интересует не экспериментальная, а теоретическая физика, стало ясно Шредингеру на втором году обучения, когда он познакомился с Фрицем Газенорлем, выдающимся представителем венской школы физиков. К этому времени Газенорль стал прямым преемником Людвиг Больцмана и возобновил чтение курса теоретической физики, который со смертью Больцмана был на два с лишним года прерван. Вдохновенная вступительная лекция, в которой

Газенорль высоко оценил работы своего предшественника, этого «выдающегося гения на пороге физики двадцатого столетия», произвела большое впечатление на Шредингера. Как он вспоминал впоследствии, «больцмановский круг идей стал моей первой любовью, и ничто другое уже не могло увлечь меня столь же сильно» ([93], с. 264).

Цикл лекций, которые Газенорль читал по пять часов в неделю в продолжение восьми семестров, ввел Шредингера в физические детали этого круга идей. В своих лекциях Газенорль не только преподносил студентам надежно проверенные научные истины, но и знакомил их с актуальными проблемами, с которыми в то время столкнулись исследователи. Поэтому уже в студенческие годы Шредингер узнал о существовании «трещин и щелей», расколовших стройное здание классической физики, — проблем, в решении которых он впоследствии сыграл столь важную роль. Блестящие и увлекательные лекции, так же как и сама личность Газенорля, который за два года до Эйнштейна ввел понятие «кажущейся массы излучения», предвосхитившее принцип эквивалентности массы и энергии, вне всякого сомнения, оказали самое сильное влияние на формирование Шредингера как ученого. В 1929 г. Шредингер вспоминал, что именно Газенорлю он обязан своими достижениями, а четыре года спустя в своей Нобелевской лекции он говорил:

«Тогда (во время первой мировой войны) погиб Газенорль, и чувство подсказывает мне, что не случись этого, он стоял бы здесь вместо меня» ([27], с. 87).

Выдающиеся способности Шредингера в области физики проявились уже в годы учения: многим своим однокашникам он помогал советом и делом в решении сложных задач и с большинством из них оставался дружен всю жизнь. Профессор Венского университета Ганс Тирринг, один из ближайших друзей Шредингера, позднее возглавлявший на протяжении многих лет Институт теоретической физики, так вспоминал о своей первой встрече со Шредингером:

«Зимой 1907/1908 г. я, тогда еще зеленый новичок, часто бывал в библиотеке математического семинара. Однажды, когда в комнату вошел светловолосый студент, мой сосед толкнул меня в бок и сказал: «Вот тот самый Шредингер». Я никогда прежде не слышал этого имени, но уважение, с которым оно было произнесено, и взгляды, которыми провожали его мои коллеги, привели меня

к убеждению, которое впоследствии укреплялось все более: он не такой, как все... И задолго до того, как он стал отцом волновой механики, его близким друзьям было совершенно ясно, что от него следует ожидать выдающихся достижений. Мы видели в нем «дух огня» за работой, трудившийся с полной отдачей и разрушавший границы между отдельными областями, чтобы самостоятельно и по-новому поставить вопросы перед природой» ([50], с. 106).

Но все это было еще впереди. Пока же Эрвин Шредингер целеустремленно совершенствовал свои физические и математические знания, никогда не останавливаясь на достигнутом. Как ученик Газенорля он основательнейшим образом изучал математические методы физики и уже в студенческие годы сочетал блестящую физическую эрудицию с мастерским владением математическими методами решения задачи о собственных значениях в теории дифференциальных уравнений в частных производных: много лет спустя эти знания пригодились ему при создании волновой механики. Юные годы Шредингера служат примером высочайшего напряжения духовных сил: здесь мы видим лучшее подтверждение того, что талант может добиться многого лишь в сочетании с незаурядным упорством и огромной работоспособностью. В ту пору обучение в университете обычно заканчивалось защитой докторской диссертации. Темой диссертации Шредингера была «Электрическая проводимость на поверхности изоляторов во влажном воздухе» [1]. Известно, что при высокой влажности воздуха опыты со статическим электричеством, как правило, плохо удаются. Шредингер исследовал влияние влажности на электропроводность таких изоляционных материалов, как стекло, эбонит и янтарь. Эта работа, связанная с решением одной из обычных задач тогдашней электротехники и имевшая экспериментальный характер, была выполнена в лаборатории Экснера под руководством приват-доцента Эгона фон Швейдлера, которого Шредингер считал наряду с Экснером и Газенорлем своим учителем. И хотя в своей диссертации Шредингер не сделал выдающихся открытий, его работа не только была принята на соискание докторской степени, но и появилась в «Докладах» Венской академии наук. Вслед за этим Шредингер успешно сдал устные экзамены: экзаменационный протокол свидетельствует об отличных успехах по всем разделам. 20 мая 1910 г. Шредингеру была присуждена степень доктора философии.

Первые шаги ученого: ассистент, доцент, профессор

После защиты диссертации Эрвин Шредингер отслужил положенный годичный срок в австрийской армии и вернулся к Экснеру во Второй физический институт Венского университета в качестве ассистента физического практикума. Здесь он проработал с перерывом на время первой мировой войны в течение всего следующего десятилетия. В обязанности Шредингера входило прежде всего ведение обширного физического практикума. Несмотря на то что к тому времени его уже определенно привлекали теоретические изыскания, он не рассматривал свою работу в лаборатории как нечто второстепенное. Эта работа позволила ему, как он сам писал, «своими глазами увидеть, что такое измерение физических величин».

Занимаясь измерениями и вычислениями, Шредингер в эти годы принял участие в решении многих актуальных задач физики, главным образом тех, которые находились в центре внимания Франца Экснера и его коллег. Наряду с электротехникой, которой была посвящена его диссертация, он работал в области радиоактивности и ее связи с атмосферным электричеством, занимался акустикой, оптикой и не в последнюю очередь теорией цвета. Он также систематически разрабатывал проблемы атомной и квантовой физики и уже тогда выработал свой подход к современным направлениям развития физической науки.

Хотя Шредингер, вспоминая о первых годах своей научной карьеры, говорил, что он вместе со своим другом Кольраушем тогда лишь постигал, «что же такое эксперимент, так и не поняв этого до конца», он и в этой области добился признания коллег. Так, за исследования атмосферного электричества, проведенные им летом 1913 г. в Зеегаме, он был удостоен премии Гайтингера, учрежденной Австрийской академией наук.

Пребывание в Зеегаме сыграло важную роль в жизни Шредингера и по другой причине: здесь он познакомился с юной Аннемари Бертель. По случаю помолвки он преподнес невесте отпечаток своей работы

по атмосферному электричеству с рукописным посвящением:

«Дополнение от 1 октября 1919 г. Как я теперь установил, тогда в Зеегаме, помимо радия A , B и C , в воздухе присутствовало и нечто совершенно иное, чего мой электрометр, однако, не регистрировал. Заслуга в этом открытии принадлежит полностью фрейлейн Бертель из Зальцбурга, которая обратила внимание автора на указанное явление... Совместное сообщение вышеупомянутой первооткрывательницы и автора будет вскоре опубликовано отдельно» ([58], с. 177).

«Совместное сообщение» увидело свет 6 апреля 1920 г. в форме брачного свидетельства.

В начале своей научной карьеры Шредингер много занимался экспериментальной физикой. Его коллега по университету Ганс Тирринг вспоминал, как однажды Шредингер

«...притащил в свою лабораторию огромный электростатический генератор, чтобы экспериментально проверить, уменьшается ли проникающая способность β -излучения, когда источник β -лучей заряжается до высокого отрицательного потенциала» ([50], с. 107)

Другие проблемы, которые в это время интересовали Шредингера как с экспериментальной, так и с теоретической стороны, имели отношение к оптике и акустике, а также к учению о цвете. В этих исследованиях Шредингера удачно сочетались талант экспериментатора и его способность к теоретическому анализу.

Между тем обязанности, связанные с физическим практикумом, и экспериментальные исследования составляли; по-видимому, Шредингеру достаточно времени для того, чтобы интенсивно заниматься многими проблемами современной теоретической физики. Имя Эрвина Шредингера скоро получило довольно широкую известность: сразу после окончания университета, например, ему предложили написать раздел о диэлектриках в справочнике Л. Греца по электричеству и магнетизму. Для двадцатипятилетнего ученого это было большой честью. В те же годы он разрабатывал задачи классической механики, броуновского движения, колебательных процессов, а также работал в области математической статистики и теории ошибок. Его внимание также занимала квантовая теория, которая в двадцатые годы нашего столетия уже достигла значительных успехов благодаря работам Нильса Бора, Альберта Эйнштейна, Петера Дебая, Арнольда Зоммерфельда.



Рис. 2. Эрвин Шредингер, молодой доцент.

В работе «К кинетической теории магнетизма (вклад электронов проводимости)», опубликованной в 1912 г., он пытался с помощью электронной теории Лоренца и классического распределения Максвелла — Больцмана дать теоретическое объяснение явления диамагнетизма. Полученные результаты сильно расходились с экспериментальными данными и довольно ясно указывали на то, что причину диамагнетизма следует искать не во влиянии свободных электронов проводимости, а также что есть все основания усомниться в неограниченных возможностях классической статистики. Однако Шредингер еще не был готов к отходу от методов классической физики: его теоретическое объяснение наблюдаемых расхождений тем, что «диамагнетизм свободных электронов частично маскируется парамагнитными явлениями», говорит о том, что он еще целиком находился во власти традиционных физических представлений. Следует сказать, что уже тогда его выдающийся современник датский физик Нильс Бор (в своей диссертации, написанной

в 1911 г.) высказывал убеждение, что магнитные явления удастся описать лишь на основе некоторых предположений, чуждых классической физике. Для Нильса Бора эта идея стала одним из оснований для разработки его революционных представлений о строении атома. У Шредингера же, как и у других физиков, воспитанных на «неумолимо ясной логике идей Больцмана», традиционные представления были слишком сильны. Поэтому путь, избранный Бором для разрешения противоречий и содержащий еще немало неясного, казался в ту пору для Шредингера неприемлемым. Не следует также забывать, что квантовая теория тогда еще не стала общепризнанной частью физической науки: первые шаги на пути к этому она сделала лишь на Сольвеевском конгрессе 1911 г.

Другие работы этого периода также показывают некоторую неоднозначность отношения Эрвина Шредингера к молодой квантовой физике. Характерным в этом отношении является следующее его утверждение, сделанное в 1917 г.:

«В квантовой теории вообще есть нечто отпугивающее, и она завоевала признание лишь благодаря исключительным успехам, которых она добивалась почти что каждодневно *во всех областях физики*» ([4], с. 563).

Хотя Шредингер в своих исследованиях вовсе не использовал идеи квантовой физики или применял их с большой осторожностью, он к этому времени был уже хорошо знаком с квантовой теорией Планка, и в особенности с ее, казалось бы, неразрешимыми противоречиями. Подтверждение этому можно найти не только в его весьма содержательных обзорах, посвященных последним достижениям теории удельных теплоемкостей и опубликованных в таких авторитетных изданиях, как «Die Naturwissenschaften» [4] и «Physikalische Zeitschrift» [5], но и в предложенной им в 1921 г. модели «электронных проникающих орбит» в рамках атомной теории Бора—Зоммерфельда [10], которая явилась «небольшим, но важным частным результатом» для объяснения спектров щелочных металлов. Однако Шредингер не испытывал большой тяги к подобным «прагматическим» изысканиям, и продолжения этих работ не последовало.

Очень интересной представлялась ему статистическая термодинамика Больцмана, которой посвящено много ранних работ Шредингера и которая позволила

ему позднее перекинуть мост к решению широкого круга квантовомеханических задач. Но пока что он, по его словам, «совершил форменное бегство и искал спасения, руководимый Ф. Экснером и К. Кольраушем, в учении о цвете» ([93], с. 264).

Благодаря работам Франца Экснера австрийская столица в начале века стала одним из важнейших центров исследований в области учения о цвете. Эта область, находящаяся на стыке различных научных дисциплин, давно уже была полем деятельности людей с разносторонними интересами. Франц Экснер и его ученики продолжили традиции таких крупных исследователей XIX в., как Томас Юнг, Джеймс Клерк Максвелл, Герман фон Гельмгольц, и значительно обогатили этот раздел физики новыми результатами. Главной целью серии работ, проведенных Экснером, было экспериментальное подтверждение теории Юнга—Гельмгольца и ее следствий. Но в то время как Экснер пытался в экспериментах придать учению о цвете законченный вид, Эрвин Шредингер использовал богатый экспериментальный материал, накопленный его коллегами, для теоретических исследований. Проблемы учения о цвете привлекали Шредингера не только потому, что они имели богатую историю, но и потому, что сам Шредингер был художественно одаренной натурой. Как писал Вернер Гейзенберг,

«Он восхищался цветом, и не столько как объективным физическим явлением, сколько как веселой игрой ощущений, и ему посчастливилось найти научный подход к описанию непосредственного чувственного восприятия мира» ([49], с. 29).

Центральной проблемой для Шредингера была цветометрия, т. е. основанное на измерениях сравнение яркости различных цветов. При этом в отличие от многих

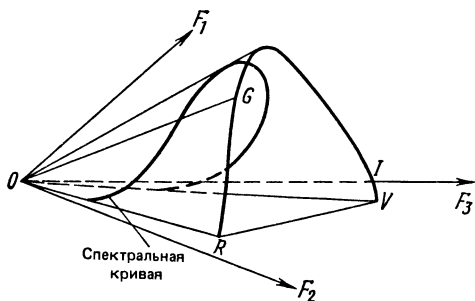


Рис. 3. Цветовой конус Шредингера.

своих современников он положил в основу своей теории не цветовую плоскость, или цветовой треугольник, а значительно более сложное цветовое пространство, что позволило ему ясно и логически непротиворечиво сформулировать основные законы учения о цвете. В ряде докладов, прочитанных весной 1920 г. в Венском отделении Немецкого физического общества и вскоре опубликованных в «Annalen der Physik» [8], Шредингер подвел первые итоги своих исследований.

Исходя из известного факта, что всякий цвет можно составить из трех «простых» цветов, не получаемых друг из друга путем смешивания, но в остальном совершенно произвольных, Шредингер построил трехмерное цветовое пространство, в котором три выбранных основных цвета служат базисными векторами и образуют аффинную геометрическую структуру. Цвета, однако, заполняют не все пространство, а располагаются в объеме и на поверхности некоторого конуса (цветового пакета), подобного изображенному на рис. 3. По выпуклой поверхности располагаются чистые цвета спектра. Все же сложные (смешанные) цвета — например, белый — находятся где-то внутри конуса, и каждому цвету может быть поставлена в соответствие определенная точка пространства, или соответствующий радиус-вектор. Очевидно, в терминах этого векторного пространства уже можно делать выводы об одинаковом или неодинаковом восприятии двух цветов, получаемых в результате смешивания, однако трудно еще выводить заключение о степени их различия или же сравнивать их конкретные характеристики («оттенки», «насыщенность», «яркость»). Поэтому Шредингер в своей фундаментальной работе попытался строго определить эти характеристики и дать им количественную оценку. Тем самым были заложены основы так называемой высшей цветометрии — теории, позволяющей однозначно судить об относительной яркости по-разному воспринимаемых цветов (разные направления векторов), а также устанавливать количественную меру их различия.

Заслуга Шредингера состояла не столько в создании законченной и непротиворечивой теории, сколько в разработке плодотворного подхода в теории цвета, который впоследствии нашел важные применения в прикладной фотометрии. Нельзя не отметить сходства между тем, как из практических землемерных задач

родилась наука геометрия, и тем, как решение прикладной проблемы положило начало «геометрии цвета». Задача об однозначном определении цвета, позволяющем анализировать и воспроизводить его, имеет не только научное, но и технико-экономическое значение. Хотя работы Шредингера не дают окончательных результатов, они содержат все предпосылки для дальнейшего развития высшей цветометрии.

Физическое учение о цвете обязано Шредингеру и рядом других важных представлений. К его работам восходит, например, понятие «оптимального цвета» (какой из одинаково ярких пигментов при данных условиях дает наиболее насыщенный цвет). Он также принял участие в дискуссии между сторонниками теории трех цветов, с одной стороны, и четырех цветов — с другой. Шредингер доказал математическую эквивалентность этих двух теорий и показал, что

«...чисто формально взаимоотношение этих двух теорий выражается исключительно просто и сводится к элементарной замене переменных» ([14], с. 472).

Продолжая эти исследования, Эрвин Шредингер заинтересовался эволюцией человеческого глаза — и это в то время, когда эволюционные идеи еще были нетипичны для естественных наук, и в частности, для физики! Известно, что наш глаз обладает чувствительностью лишь в относительно узком участке спектра электромагнитного излучения — в области примерно от 400 до 800 нм, — и Шредингер был одним из первых ученых, попытавшихся установить связь спектральной чувствительности глаза со спектральным составом солнечного излучения [12]. Согласно этой гипотезе, на ранних стадиях эволюции глаз приспособлялся так, чтобы наилучшим образом использовать свет от единственного в то время источника. Именно поэтому наш орган зрения обладает особой чувствительностью к тем лучам, которыми наиболее богат солнечный свет. Кривая спектральной чувствительности человеческого глаза в целом попадает в область максимума солнечного излучения, но при этом спектральные характеристики для двух типов рецепторов сетчатки — палочек и колбочек — заметно различаются: максимум спектральной чувствительности палочек смещен в сторону коротких волн (т. е. синих лучей). Согласно Шредингеру, причина этого состоит в том,

что ответственные за нецветное сумеречное зрение палочки появились эволюционно намного раньше чувствительных колбочек. Если предположить, что палочки возникли еще в ту пору, когда наши предки обитали в воде, то подобный сдвиг чувствительности в синюю часть спектра можно объяснить тем, что уже на небольшой глубине под водой солнечный свет приобретает зеленовато-голубую окраску. С этой гипотезой согласуется высокая способность палочек к адаптации, а также «цветная слепота» многих, особенно низших животных.

«Два типа рецепторов, служащих для одной и той же цели, — палочки и колбочки — можно в известном смысле уподобить жабрам и легким. Надо полагать, колбочки достигли наивысшего развития у животных, ведущих дневной образ жизни, *в то время как* палочки играли особенно важную роль в подводном зрении. Со временем ведущая роль перешла к колбочкам, палочки же превратились во вспомогательный орган и биологическая важность их была не столь велика, чтобы их спектральная чувствительность перестроилась к новым условиям освещения, когда животные вышли из воды и начали осваивать сушу» ([12], с. 927).

Из всех своих работ по теории цвета Шредингер выделял, судя по всему, лишь эти: при вручении ему Нобелевской премии он сказал:

«Ценным в них мне представляется лишь достигнутое в конце концов понимание подлинного значения трех- и четырехцветного восприятия и его взаимосвязи с филогенией цветного зрения» ([27], с. 88).

Репутация Шредингера как исследователя в области цвета среди его коллег была столь высока, что именно ему было поручено написание раздела о зрительном восприятии в одиннадцатом издании классического учебника физики Мюллера-Пуйе [21]. Эта работа, выполненная уже не в Вене, а в Цюрихе, в соответствии с характером учебника, в который она вошла, должна была отразить современное состояние учения о цвете. Она, однако, стала и определенным итогом собственных исследований Шредингера, и в своих последующих статьях и докладах он больше не возвращался к этим проблемам. Его целиком захватили наиболее актуальные направления в физике того времени: теория относительности и квантовая теория.

Но вернемся к раннему периоду научного творчества Шредингера. Зарекомендовав себя способным молодым исследователем, Шредингер в 1913 г. стал

добиваться получения звания доцента по своей специальности. Его ходатайство было обсуждено на философском факультете Венского университета 23 мая 1913 г. и принято подавляющим большинством голосов. В качестве диссертации Шредингер представил работу, озаглавленную «Исследования кинетики диэлектриков, точки плавления, пиро- и пьезоэлектричества» и опубликованную за год до этого в «Докладах» Венской академии наук. В последующие полгода он прошел соответствующую подготовку (коллоквиум, чтение «пробной лекции» и т. п.), и 9 января 1914 г. министерство утвердило Шредингера в звании доцента.

Став доцентом, 26-летний Эрвин Шредингер выдержал тем самым строгий экзамен на право самостоятельно читать лекции. Однако как ни почетна была приват-доцентура, она не оплачивалась и поэтому внешне жизнь Шредингера мало изменилась: он по-прежнему жил вместе со своими родителями в Вене и «залезал к ним в карман», поскольку жалованье университетского ассистента было довольно скудным. Чтобы покончить с этим неловким положением, необходимо было как можно скорее создать себе имя в научном мире и получить кафедру.

Но если Шредингеру предстояло еще ждать несколько лет, чтобы быть окончательно принятым в замкнутый круг преподавателей высшей школы, то своим правом читать лекции он воспользовался незамедлительно. В расписании лекций Венского университета на летний семестр 1914 г. можно найти извещение о том, что приват-доцент д-р Эрвин Шредингер выступит с двухчасовой лекцией «Об интерференции рентгеновских лучей». Других возможностей для новопеченного приват-доцента, однако, не представилось. Хотя на зимний семестр 1914 г. был заявлен курс его лекций, названный «Избранные главы статистической механики и квантовой теории», Шредингеру пришлось на четыре долгие года сменить халат экспериментатора на офицерскую шинель: за несколько недель до начала первой мировой войны он был призван в армию. Впрочем, служба в артиллерии на относительно спокойном участке австрийского юго-западного фронта оставляла ему достаточно времени, чтобы следить за специальной литературой и заниматься физическими проблемами. В Просекко, неболь-

шом селении на берегу Триестского залива с населением в 1000 человек, Шредингер познакомился с работами Эйнштейна по основам общей теории относительности сразу после выхода их из печати. Подобно многим своим коллегам, он поначалу столкнулся с немалыми трудностями, пытаясь понять теорию гравитации, однако очень скоро он столь глубоко постиг математические и физические тонкости общей теории относительности, что не только смог указать на ряд «излишних усложнений» в эйнштейновском изложении, но внес несколько дополнений, привлечших внимание коллег. Две публикации 1918 г. [6, 7], которые побудили откликнуться на них и самого А. Эйнштейна, явились одним из первых результатов глубокого осмысления революционной теории Эйнштейна. Обращение к проблемам общей теории относительности не было лишь эпизодом в научной биографии Шредингера: в 30-е и 40-е годы эти вопросы вновь оказываются в центре его интересов.

После окончания войны, которая не принесла Шредингеру, по его выражению, «ни ран, ни болезней, ни особых наград», он в ноябре 1918 г. вернулся в Венский физический институт. В это время Шредингеру представилась хорошая возможность занять должность экстраординарного профессора теоретической физики в университете г. Черновцы (ныне Украинская ССР), однако распад Габсбургской империи и образование новых европейских государств помешали осуществлению этого плана. Следующие два года Шредингер провел в своем родном городе.

Плачевное экономическое и политическое положение послевоенной Австрии не открывало перед молодым ученым радужных перспектив. Хотя кафедра Фридриха Газенорля — учителя Шредингера, погибшего на войне, — оставалась вакантной, у Шредингера не было уверенности в том, что он сможет получить ее, да и оплачивалась эта должность не слишком высоко. С другой стороны, научная атмосфера в соседней Германии была очень привлекательна для физика-теоретика: имена Альберта Эйнштейна, Макса Планка, Арнольда Зоммерфельда гремели далеко за пределами страны, и немецкий учили для того, чтобы изучать физику на ее «родном языке». Поэтому, когда осенью 1919 г. Шредингер получил приглашение поработать в качестве «домашнего теоретика» в Йенском

Dritter Nationalität

Herrn Dr. Schilling, bei geboren am 12. August
1887, zu Wien, absolvierte für das Gymnasium in
den Jahren 1898-1906 und wurde im Herbst 1906
an der österreichischen Universität der Universität Wien
immatrikuliert. Ich habe Injekt. für Mathematik
die Herren Professoren Markow, Gerson, Winkler,
Böhm und Jöke, für Chemie die Herren Professoren
Börner und Fegeler, für Philosophie Herrn Dr. Jöke
Jöke, für Philosophie die Herren Professoren
Fegeler und Jöke, für Meteorologie Herrn
Professor Jöke und für Physik die Herren Professoren
von v. Lang, Gerson, Gerson, Mayer, Jöke,
Jöke etc. Im I. und II. Semester absolvierte ich
im kaiserlichen Naturwissenschaftlichen bei Herrn Jöke
Professor Börner, im III. Semester im kaiserlichen
Naturwissenschaftlichen bei Herrn Jöke Professor Gerson, im
IV Semester im Naturwissenschaftlichen bei Herrn Professor Jöke
und im V. und VI. Semester im Naturwissenschaftlichen
bei Herrn Jöke Professor Gerson.
Im dritten und vierten Semester vollendete ich meine
Dissertation (siehe Anlage 4a), worin ich mich für
kaiserliche Mathematik hauptsächlich Naturwissenschaft
verpflichtete. Zu Beginn des VII. Semesters bestand
ich das kaiserliche Gymnasium mit Physik-Mathematik
und das kaiserliche Gymnasium mit Philosophie mit
guten Erfolg und wurde im März 1910 promoviert.
1910/11 folgte ich meiner Prüfungsinstruktion zu
Wien. Im Oktober 1911 verließ ich die Halle

Рис. 4. Начало рукописной автобиографии Шредингера.

физическом институте у Макса Вина, он отнесся к нему с большим воодушевлением.

Ученик Гельмгольца, Макс Вин в начале нашего столетия выдвинулся в первые ряды немецких физиков-экспериментаторов и завоевал международное

признание своими работами в области беспроволочной телеграфии, и в частности, усовершенствованием искровых радиопередатчиков. После первой мировой войны центр тяжести его исследований сместился в область изучения электролитов, где он своими опытами подтвердил ряд положений теории Дебая. Вполне понятно поэтому желание Макса Вина заполучить в свой институт сотрудника, обладающего глубокими познаниями в современной теоретической физике. После неудачных переговоров с Вильгельмом Ленцем из Мюнхена Макс Вин обратился в декабре 1919 г. к декану философского факультета Йенского университета с предложением пригласить на этот пост Эрвина Шредингера и поручить ему в летнем семестре 1920 г. чтение курса по электронной и квантовой теории. Вин, в частности, писал:

«Ш. является одним из лучших знатоков этой области физики и сам выступил с рядом дельных работ, относящихся к ней» ([77], с. 145).

Приняв предложение, Шредингер взял в Венском университете полугодичный отпуск и в апреле 1920 г. поселился с молодой женой (они поженились перед самым отъездом из Вены) в идиллическом городке на берегу Заале. Свои обязанности ассистента Макса Вина и доцента кафедры теоретической физики Шредингер исполнял образцово, и уже через несколько недель после начала его службы руководство философского факультета решило выдвинуть молодого приват-доцента, «который за короткое время показал себя с лучшей стороны и в лаборатории, и на лекциях» ([77], с. 194), на должность экстраординарного профессора. Впрочем, талант молодого теоретика был замечен не только в Йене: перед его поездкой в Йену Венский университет также поставил перед соответствующими властями вопрос «о назначении Шредингера экстраординарным профессором для чтения лекций по современным вопросам теоретической физики в объеме трех часов в неделю» явно в надежде, что это удержит Шредингера от того, чтобы окончательно оставить университет.

Этот момент можно считать переломным в академической карьере Шредингера: теперь многие отечественные и зарубежные университеты стремились привлечь к себе способного физика. И хотя Йенский физический институт сулил неплохие перспективы, да к тому

же Шредингер имел здесь возможность много общаться с такими выдающимися представителями академических кругов, как лауреат Нобелевской премии по литературе Рудольф Эйкен, занимавший должность профессора философии, все же пост экстраординарного профессора на жалованье в Высшей технической школе в Штутгарте, был весьма привлекательным, особенно в материальном отношении. Годовой оклад Шредингера в Йене со всеми дополнительными выплатами составлял 11 000 марок. С учетом растущей инфляции этого едва хватало, чтобы вести тот образ жизни, какой предписывался социальными условностями — ведь его жена, к примеру, могла пойти лишь на такую работу, которая приличествовала положению супруга. Поэтому, проработав в Йене всего четыре месяца, Шредингер принял приглашение и переехал в Штутгарт.

В это время в Штутгарте работал экспериментатор Эрих Регенер. Прежде, в Берлине, он принадлежал к тому кругу молодых физиков, в который входили Отто Ган, Густав Герц, Лиза Мейтнер и который оставил глубокий след в истории физики нашего столетия. В Регенере и в его ассистенте Гансе Рейхенбахе Шредингер нашел не только благожелательных коллег, но и партнеров для горячих философских дискуссий. Рейхенбах, возглавивший в 20-е годы берлинскую школу позитивизма, принадлежал к выдающимся представителям философии, занимавшейся вопросами естествознания. Впрочем, и в Штутгарте Шредингер оставался всего один семестр: другие университеты предлагали ему все лучшие и лучшие условия. Университеты Киля, Бреслау, Гамбурга и Вены к началу 1921 г. обещали ему должность профессора теоретической физики; Цюрихский университет, где он впоследствии проработал долгие годы, уже тогда рассматривал возможность принятия Шредингера в свой штат.

Однако Шредингер направился сначала в университет Бреслау, который занимал в плеяде немецких университетов особое место. В летнем семестре 1921 г. он приступил здесь к чтению лекций. При подготовке к ним, особенно в первые годы, ему очень помогали его собственные конспекты блестящих лекций Газенорля; тем самым он способствовал пропаганде идей венской физической школы, уделявшей особое внима-

ние статистическим методам. Нет сомнения, что молодой профессор питал честолюбивые надежды не только утвердить свою репутацию ученого и преподавателя, но и доказать плодотворность тех физических методов и идей, которые в дальнейшем составили суть его научного творчества. Физический институт Бреслау, возглавляемый Отто Люммером и имевший в числе сотрудников Фрица Райхе и Рудольфа Ладенбурга, остался все же лишь эпизодом в жизни Шредингера. Всего через несколько недель после начала работы здесь он получил из Цюрихского университета приглашение возглавить кафедру теоретической физики, которую до него занимали ни больше ни меньше как Альберт Эйнштейн и Макс фон Лауэ. Став действительным профессором одного из самых престижных университетов немецкоязычного мира, Эрвин Шредингер поднялся на высокую ступень академической лестницы. «Академические годы странствий» закончились; Шредингер получил, наконец, долгожданную возможность спокойно продолжать интенсивную научную работу в полную меру своих творческих способностей и увековечить свое имя созданием волновой механики — подвигом, навсегда вошедшим в анналы науки.

В Цюрихе

В конце лета 1921 г. Эрвин Шредингер перебрался в Цюрих. Он был счастлив, что нашел, наконец, на длительное время работу и дом. В его письме к Вольфгангу Паули мы читаем:

«Я так вымотался — и заметил я это только сейчас, — что уже не мог разумно мыслить. Виной тому в немалой степени были многочисленные переезды, необходимость постоянно думать о своей судьбе, сношения с министерствами и т. п., что не оставляло мне возможностей для творчества.

Теперь все это, наконец, закончилось надолго» ([96], с. 71).

В Цюрихе Шредингер попал в исключительно благоприятное для физика окружение. В федеральной Высшей технической школе (Цюрихский политехникум), знаменитейшем высшем учебном заведении города, работали два физика с мировым именем: Петер Дебай и Пауль Шеррер; с Дебаем у Шредингера вскоре завязались сердечные дружеские отношения.

Математику в Цюрихском политехникуме преподавал Герман Вейль. Его книга «Пространство — время — материя», вышедшая в 1918 г., была для Шредингера источником ценных сведений при создании аффинной геометрии цветового пространства; в последние годы личный контакт двух ученых укрепился на основе общности интересов в области теории относительности и квантовой механики.

Отрадной была для Шредингера и общая атмосфера, царившая в крупнейшем городе Швейцарии. Либеральный и открытый дух, который так ценил в швейцарцах Эйнштейн, был для Шредингера, австрийца по рождению, куда ближе, чем прусское солдафонство. К тому же дивные окрестности Цюриха предоставляли заядлому путешественнику и альпинисту прекрасные возможности для отдыха и разрядки. Нередко Шредингер — в одиночку или с друзьями — отправлялся в близлежащие горы, чтобы побродить там или покататься зимой на лыжах. И конечно, уровень жизни здесь в Цюрихе был намного выше, чем в послевоенной Германии, охваченной кризисом и инфляци-



Рис. 5. Эрвин Шредингер.

ей. Большое удовлетворение, которое Шредингер испытывал от своего устойчивого материального положения, нашло отражение в его письме к Вольфгангу Паули в ноябре 1922 г.

«... Даже мысль о возвращении в Германию пугает меня. Чтобы работать, нужно быть свободным от забот, а это невозможно, когда цены на масло или квартирная плата зависят от валютного курса» ([96], с. 69).

Несомненно, те шесть лет, которые Шредингер провел в Цюрихе, были важнейшими в его становлении как ученого: именно тогда он из одаренного теоретика вырос в крупнейшего физика своего времени. Это проявилось не только в пионерских работах, проложивших путь к волновой механике, но и в других оригинальных и содержательных результатах, связанных с самыми различными физическими задачами и получивших высокую оценку со стороны его коллег. Статистическая термодинамика Больцмана всегда представлялась Шредингеру, как он заметил в 1933 г., одним из интереснейших разделов физики, и в этой связи он занимался вопросами кинетики газов и химических

реакций. Кроме того, он применил полученные им еще в Вене результаты теории удельной теплоемкости твердых тел к газам, а также работал в области теории колебаний. В разделе о теории удельной теплоемкости, подготовленном Шредингером для десятого тома «Справочника по физике» (*Handbuch der Physik*), а также в монографии по статистической термодинамике, увидевшей свет лишь после второй мировой войны, эти вопросы изложены достаточно подробно. Квантовая теория Бора — Зоммерфельда, хотя Шредингер и посвятил ей несколько интересных работ, в то время еще не играла доминирующей роли в его исследованиях. В начале двадцатых годов он гораздо более плодотворно работал в области теории цветного зрения, пользуясь богатыми экспериментальными возможностями дебаевского института для проведения важных опытов.

Особое место среди всех этих работ занимают исследования по статистической теории газов: имея самостоятельную научную ценность, они, кроме того, наметили путь, приведший Шредингера к созданию им в 1926 г. волновой механики.

Во второй половине XIX в. статистическая термодинамика успешно развивалась и завоевала прочные позиции. Методы, разработанные Людвигом Больцманом, Рудольфом Клаузиусом, Джозайей Уиллардом Гиббсом, Джеймсом Клерком Максвеллом и другими учеными, сыграли кардинальную роль в развитии не только многих разделов классической физики, но и квантовой теории.

В первом десятилетии нашего века, совершенствуя методы классической статистики, Макс Планк добился больших успехов в теории излучения, а Альберт Эйнштейн, Петер Дебай и Макс Борн — в теории удельной теплоемкости. Нет сомнения, что это определило стойкий интерес Шредингера к этим и смежным вопросам. Увлечение Шредингера проблемами теории газов можно проследить не только по его публикациям, но и по его записным книжкам, изданным среди «Материалов к истории квантовой физики» ([94], с. 84). Здесь мы найдем, например, семидесятистраничный набросок книги по молекулярной статистике, тетрадь «Химические константы и вырождение газа II», конспекты лекций, заметки и фрагменты рукописи по квантовой статистике. Между прочим, здесь содержатся все ука-

зания на то, что подготовка к лекциям помогала Шредингеру в работе над его собственными задачами — не такой уж, впрочем, редкий пример того, как преподавательская деятельность не отвлекала ученого от научной работы, а служила ее органичным дополнением.

В ходе этой работы перед Шредингером раскрылись те физические идеи, которые впоследствии привели его к созданию волновой механики. Ключевую роль при этом сыграли его исследования в области квантовой статистики: именно в них содержатся исходные идеи его выдающегося научного свершения. Особо здесь следует упомянуть работу «К эйнштейновской теории газов», восходящую к 1925 г.; как однажды заметил Шредингер, это и была уже волновая механика.

Критически подходя к предложенной Альбертом Эйнштейном и индийским физиком Шатъендранатом Бозе квантовомеханической статистике, Эрвин Шредингер пытался

«...восстановить в правах прежние, логически обоснованные и проверенные на опыте статистические методы [Больцмана] и внести изменения в те основные положения, где это не противоречит здравому смыслу» ([20], с. 95).

«Насилие над разумом», к которому вынуждены были прибегать Эйнштейн, Бозе и другие физики, Шредингер попытался обойти, применив к нерешенным задачам теории газа идею де Бройля о волновых свойствах вещества.

Луи де Бройль в своей диссертации (1924) развил идею о переносе корпускулярно-волнового дуализма света, постулированного Эйнштейном в его теории фотоэффекта, на частицы вещества. Иными словами, всякой частице, характеризующейся импульсом и энергией, приписывалась еще и некоторая частота колебаний, т. е. длина волны.

Хотя гипотеза де Бройля впервые позволила дать правдоподобное физическое объяснение атомной модели Бора, ее постигла точно такая же участь, как и смелую гипотезу Эйнштейна о квантовании света: ее, конечно, признавали оригинальной, но в целом считали, что молодой француз «хватил через край». Никто не был готов сразу принять волновые свойства вещества как физическую реальность. Альберт Эйнштейн, однако, принадлежал к тем немногим, кто при-

знал гипотезу де Бройля не только смелой, но и перспективной, и тотчас же стал использовать ее в своих работах. Благодаря авторитету Эйнштейна идея де Бройля привлекла внимание физиков во всем мире. Эрвин Шредингер познакомился с гипотезой де Бройля — тоже с легкой руки Эйнштейна — летом 1925 г. и попытался использовать ее в вышеупомянутой работе по теории газов. Полученные результаты вдохновили его даже на попытку обобщения волновой концепции с целью ее использования для описания физических свойств атома. Изыскания в этом направлении относятся к осени 1925 г. — времени опубликования работы Шредингера по эйнштейновской теории газов. Однако окончательная ясность в этот вопрос была внесена в 1926 г.

«Это означало не что иное, как принятие всерьез волновой теории де Бройля — Эйнштейна движущихся частиц, согласно которой эти частицы представляются в виде некоторых «пенных гребней» на фоне образующих их волн излучения» ([20], с. 95).

Середина двадцатых годов — период, который мы теперь нередко идеализируем и называем «золотым веком» физики, — ознаменовала глубокий перелом в физических представлениях. Эти же годы стали кульминационными в творчестве Эрвина Шредингера. Начиная с 1926 г. он опубликовал серию работ под общим названием «Квантование как задача о собственных значениях», которые стали классикой науки и буквально одним ударом поставили на солидную основу казавшуюся до тех пор таинственной волновую механику. Эти работы, а также созданная примерно к этому же времени матричная механика Гейзенберга возвестили об окончании «периода анархии» в развитии квантовой теории, который начался со смелой гипотезы квантов Планка и достиг своей высшей точки в атомной теории Бора — Зоммерфельда.

В квантовой физике тогда действительно «господствовала анархия»: хотя многие задачи физики микромира удалось прояснить с помощью теории Бора, используемые при этом постулаты и представления оставались несогласованными и противоречивыми. Например, в атомной модели Бора для расчета электронных орбит и процессов излучения использовались законы классической механики и электродинамики, в то время как для объяснения устойчивости электронных орбит привлекались квантовые условия. В рамках одной и той же модели применялись положения, которые иногда прямо противоречили друг другу, а иногда (например, при анализе квантовых скачков) просто утрачивали свою силу. Многие физики хорошо знали об этих внутренних противоречиях полуклассической теории, но при проведении конкретных расчетов это их мало беспокоило. Большие практические успехи вселяли даже надежду, что названные противоречия со временем будут разрешены в рамках самой модели.

Другие физики и в первую очередь Нильс Бор и его ученики с самого начала «квантового бума» были убеждены в том, что модель атома Бора — Зоммер-

фельда является лишь одним из важных этапов на пути к неклассической атомной теории. В связи с этим они отстаивали мнение, согласно которому для описания микромира следовало создать новую, неклассическую механику.

Важный шаг в этом направлении сделал в начале лета 1925 г. 23-летний Вернер Гейзенберг. В фундаментальной работе «О квантотеоретическом истолковании кинематических и механических соотношений» ([66], с. 193) были заложены физические основы созданной им впоследствии совместно с Максом Борном и Паскуалем Йорданом теории, получившей название «геттингенской матричной механики». Гейзенберг исходил из предположения, что в физике микромира следует интересоваться не ненаблюдаемыми величинами (такими, как электронные орбиты или периоды обращения электронов в атоме), а теми величинами, которые можно измерить, например разностями частот излучения и интенсивностями спектральных линий. По его мнению, последовательная квантовая теория должна базироваться именно на таком подходе, и его целью было создание строгой «квантотеоретической механики, аналогичной классической механике, в которую входили бы лишь соотношения между наблюдаемыми величинами» ([66], с. 195). Хотя введенный им формализм вначале позволял рассматривать лишь простейшие ситуации (например, гармонические и ангармонические осцилляторы), уже через короткое время усилиями многих ученых аппарат матричной механики был усовершенствован настолько, что позволял получать точные решения для реальных физических задач.

«Поскольку тогда, — как писал Эйнштейн ([84], с. 96), — идеи Борна и Гейзенберга... занимали мысли и чувства всех, кто интересовался теорией», — Эрвин Шредингер, разумеется, также был осведомлен о новых веяниях в квантовой теории. Однако он не разделял воодушевления многих своих коллег: как замечал он сам, «кажущиеся очень сложными методы трансцендентной алгебры и недостаток наглядности отпугивали, чтобы не сказать отталкивали меня» ([66], с. 147).

Вообще говоря, принадлежность Шредингера к тому или иному течению в физике было бы очень трудно определить. Работая в Цюрихе, он находился

довольно далеко от тогдашних центров атомной физики (Копенгаген, Геттинген, Мюнхен), да и с их лидерами (Нильсом Бором, Максом Борном, Арнольдом Зоммерфельдом) он не поддерживал личных контактов. К тому же независимая натура Шредингера не позволяла ему в своих исследованиях примыкать к той или иной «доктрине». Во время торжеств по поводу вручения ему Нобелевской премии он заметил:

«В моих научных работах, как и вообще в жизни, я никогда не придерживался какой-либо генеральной линии, не следовал руководящей программе, рассчитанной на длительные сроки. Хотя я очень плохо умею работать в коллективе, в том числе, к сожалению, с учениками, тем не менее моя работа никогда не была совершенно самостоятельной, поскольку мой интерес к какому-либо вопросу всегда зависит от интереса, проявляемого к этому же вопросу другими. Я редко говорю первое слово, но часто второе, так как побудительным фактором для него обычно оказывается желание возразить или исправить...» ([27], с. 87).

Эти слова не только характеризуют специфический стиль работы и мышления Шредингера, но и указывают на тот внутренний разлад, который сопровождал его работу в первой половине двадцатых годов.

«К современной теории атома я приближался очень медленно. Ее внутренние противоречия звучат как пронзительные диссонансы по сравнению с чистой, неумолимо ясной последовательностью мысли Больцмана... Было время, когда я прямо-таки готов был обратиться в бегство, однако, побуждаемый Эксерном и Кольраушем, нашел спасение в учении о цвете» ([93], с. 264).

Такое нерешительное и несколько растерянное отношение к актуальнейшим проблемам атомной физики приводило в конечном счете к тому, что время от времени Эрвин Шредингер начинал искать свое «научное счастье» в других разделах физики, казавшихся ему не столь неблагоприятными, например в учении о цвете. Можно поэтому считать большой удачей то, что летом 1925 г. Шредингер познакомился с диссертацией де Бройля и увидел в ней многообещающие перспективы. В этой связи он с благодарностью писал Альберту Эйнштейну:

«Впрочем, все это дело не возникло бы ни теперь, ни когда-либо позже (я имею в виду свое участие), если бы Вы в Вашей второй статье о квантовой теории газов не шелкнули меня по носу, указав на важность идей де Бройля!» ([72], с. 24).

Эрвин Шредингер подхватил мысль де Бройля, согласно которой электрон, обращающийся вокруг ядра в модели Бора, может быть описан стоячей волной, и

рассмотрел ее возможные обобщения. В этом ему, помимо его прекрасного знания теории колебаний (учение о цвете!), помогло и то, что несколькими годами раньше он уже сталкивался с подобной задачей. Опубликованную им в 1922 г. статью [10] можно даже рассматривать как «предвосхищение, разумеется, бессознательное» результатов де Бройля. Шредингеру удалось показать в ней, что на замкнутых квантованных орбитах (какие существуют, например, в атоме) величина отрезка, гипотетически «связанного» с электроном, воспроизводится при каждом периоде обращения. Хотя Шредингеру казалось невероятным, «что этот результат — лишь случайное математическое следствие квантовых условий квантования и не имеет более глубокого физического смысла» ([10], с. 22), он в то время не стал далее исследовать вытекающие отсюда возможности.

Три года спустя он, однако, увидел в этой идее много обнадеживающего. В ноябре 1925 г. Шредингер писал: «В эти дни я вплотную занимаюсь талантливой диссертацией де Бройля. Она чрезвычайно занимательна...» ([73], с. 313). А месяцем позже в письме своему мюнхенскому коллеге Вилли Вину он выразился более конкретно:

«В данный момент меня мучает новая атомная теория. Если бы только я лучше знал математику! Но я смотрю на вещи с оптимизмом и надеюсь, что если мне удастся справиться с вычислениями, то все будет замечательно» ([89], с. 83).

К созданию волновой механики Эрвин Шредингер пришел, рассматривая атом как колебательную систему и отождествляя возможные собственные колебания системы с устойчивыми энергетическими состояниями в атоме. Близкое знакомство с теорией колебаний помогло Шредингеру сформулировать основную физическую идею в рамках задачи о собственных значениях дифференциального уравнения. При этом помимо больших физических сложностей ему пришлось преодолеть бесчисленное множество математических затруднений. Очень кстати здесь пришлось то, что еще со времени его обучения у Газенорля он был хорошо знаком с подобными задачами, а его друг и коллега по Цюрихскому политехникуму Герман Вейль стал для него неисчерпаемым кладом математической эрудиции. Шредингер всегда подчеркивал, что именно Вей-

лю принадлежит значительная доля заслуг в создании математического аппарата волновой механики.

Стремясь серьезно осмыслить гипотезу де Бройля и построить на ее основе новую атомную теорию, Эрвин Шредингер опирался на глубокое знакомство с аналитической механикой, особенно с механикой Гамильтона, приобретенное им в годы учения. Ирландский математик и физик Уильям Роуан Гамильтон, работавший в первой половине прошлого столетия, не только придал законченный вид классической теоретической механике, но и установил формальную связь между классической механикой и геометрической оптикой и выявил математическую аналогию между этими двумя теориями, что позволило представить основные закономерности этих столь различных на первый взгляд групп явлений в одном и том же математическом виде. С точки зрения этой аналогии закон движения материальной точки с заданной энергией в статическом силовом поле имеет тот же вид, что и закон распространения монохроматического светового пучка в среде с заданным показателем преломления. При этом постоянное значение энергии материальной точки соответствует постоянной частоте колебаний световой волны, а скорость точки соответствует групповой скорости распространения света.

Результаты Гамильтона и замечание Дебая (ставшего цюрихским коллегой Шредингера!), что геометрическая оптика является частным случаем волновой оптики в пределе бесконечно малых длин волн (на это замечание ссылаются А. Зоммерфельд и И. Рунге в своей статье 1911 г.), указали Шредингеру конкретный подход на пути к волновой механике. Основная идея Шредингера состояла в том, чтобы математическую аналогию между оптикой и механикой экстраполировать на волновые свойства света и материи; классическая механика при этом рассматривалась бы как аналог геометрической оптики (рис. 6). Во втором

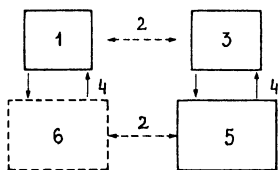


Рис. 6. Взаимосвязь классической механики и геометрической оптики, с одной стороны, и волновой теории света и волновой механики — с другой.

1 — волновая теория света; 2 — математическая аналогия; 3 — волновая механика Шредингера; 4 — математический переход; 5 — классическая механика; 6 — геометрическая оптика.

сообщении своей главной статьи по волновой механике Шредингер писал по этому поводу следующее:

«...однако уже первая попытка построения полной волновой картины приводит к таким поразительным следствиям, что, наоборот, появляется другое подозрение. Ведь сейчас известно, что наша классическая механика неверна при малых размерах и большой кривизне траекторий; не является ли это обстоятельство вполне аналогичным известной неприменимости геометрической оптики, т. е. оптики с «бесконечно малой длиной волны», в случае «препятствий» или «отверстий», сравнимых по размерам с действительной конечной длиной волны? Быть может, наша классическая механика представляет полную аналогию с геометрической оптикой и подобно последней отказывается служить и не согласуется с действительным положением вещей при размерах и радиусе кривизны траекторий, приближающихся по величине к некоторой длине волны, которая теперь принимает в q -пространстве реальный смысл. Тогда целесообразно попытаться построить «волновую механику», и первым шагом на этом пути является, конечно, волновое истолкование представлений Гамильтона» ([66], с. 132).

Поскольку гипотеза де Бройля о волновых свойствах вещества базировалась на положениях специальной теории относительности, то и Шредингер, естественно, использовал в своих рассуждениях релятивистский подход. В результате интенсивной работы ему удалось, наконец, преодолеть многочисленные математические трудности и вывести — это случилось в последние дни декабря 1925 г. — релятивистское волновое уравнение в виде, в котором оно известно теперь как уравнение Клейна — Гордона:

$$\Delta\psi + \frac{4\pi^2}{h^2} \left[\left(\frac{ih}{2\pi c} \frac{\delta}{\delta t} + \frac{e^2}{cr} \right)^2 - m^2 c^2 \right] \psi = 0,$$

где c — скорость света, m — масса электрона, e — элементарный заряд, r — расстояние между электроном и ядром, ψ — волновая функция, Δ — оператор Лапласа.

Это релятивистское уравнение Шредингера, однако, не привело к ожидаемому успеху, поскольку согласие с экспериментальными данными было далеко не полным. Энергетические уровни атома водорода, стандартного объекта атомной физики, определялись лишь весьма приблизительно; особенно плохо обстояло дело с тонкой структурой водородных линий. Причина этого, впрочем, крылась не столько в полученных Шредингером результатах, сколько в общем уровне тогдашних физических знаний. Выведенное Шредингером уравнение абсолютно точно описывало поведение частиц,

лишенных спина; в случае же электрона необходимо было ввести поправку, учитывающую спин. В то время, однако, об этом еще не было известно: исследования, приведшие к открытию спина электрона, тогда как раз лишь начинались.

Итак, надежды Шредингера разрешить загадку атомной механики поколебались, но отнюдь не рухнули. Судя по всему, он по-прежнему был убежден в правильности избранного им пути: на рубеже 1925/26 г. он направил в редакцию «*Annalen der Physik*» рукопись, в которой излагались его попытки и приводилось релятивистское волновое уравнение ([62], с. 96). Уверенность Шредингеру придавало то обстоятельство, что полученные результаты были «хотя бы отчасти верны»: нерелятивистская формула Бальмера верно описывалась релятивистским волновым уравнением; уравнение формально содержало также тонкую структуру Зоммерфельда, правда, с загадочными «полуцелыми радиальными и азимутальными квантами», которые лишь позднее были объяснены в терминах спина электрона. К тому же определенные трудности возникли при попытке описать атом водорода в рамках матричной механики Гейзенберга. Корректный расчет для атома водорода осуществил Вольфганг Паули в самом конце 1925 г., но Шредингер еще не знал об этом.

Мы видим, что имелись кое-какие указания на верность релятивистского подхода. Однако всего через несколько дней Шредингер решил пожертвовать им, чтобы добиться максимального согласия с экспериментом. Он забрал рукопись из редакции и взялся за детальную разработку нерелятивистского приближения. С точки зрения математики оба подхода во многом сходны между собой, поэтому переработать рукопись не составило большого труда. Во всяком случае, 26 января 1926 г. окончательный вариант статьи был сдан в набор, а через несколько недель она появилась в «*Annalen der Physik*» под заголовком «Квантование как задача о собственных значениях (сообщение первое)» и стала прологом к серии работ, опубликованных Шредингером в первой половине 1926 г. и излагавших совершенно новый подход к решению актуальных проблем квантовой физики. Автор же их немедленно оказался в авангарде теоретиков квантовой механики.

Центральное место в первой статье занимает выведенное на основе оптико-механической аналогии «волновое уравнение» материи, которое в своей первоначальной форме (для атома водорода) имеет вид

$$\Delta\psi + \frac{2m}{K^2} \left(E + \frac{e^2}{r} \right) \psi = 0,$$

где ψ — волновая функция, m — масса электрона, e — элементарный заряд, r — расстояние между электроном и ядром, E — энергия, $K=h/2\pi$, h — постоянная Планка.

Это соотношение, известное сегодня как уравнение Шредингера, выражает обобщение гипотезы де Бройля о волновых свойствах вещества. С математической точки зрения оно представляет собой относительно простое линейное дифференциальное уравнение, решения которого имеют физический смысл стоячих волн. Эрвин Шредингер имел все основания положить это уравнение в основу новой теории: ведь теперь стационарные электронные орбиты в атоме Бора — Зоммерфельда могли рассматриваться как собственные колебания — по аналогии с тем, как натянутая струна или закрепленная металлическая пластина колеблются лишь с некоторыми дискретными частотами, которые зависят от граничных условий (параметров системы). В этих эпохальных работах, заложивших основы волновой механики, Шредингер с помощью своего волнового уравнения не только рассчитал энергетические уровни «гармонического осциллятора» и «жесткого ротатора», но и детально показал на примере атома водорода и эффекта Штарка, что теоретически рассчитанные энергетические уровни либо совпадают со значениями, полученными в рамках более ранней квантовой теории Гейзенберга, либо хорошо согласуются с экспериментом.

Непреодолимое значение уравнения Шредингера состоит не только в том, что оно ознаменовало принципиально новый подход к объяснению явлений микромира, но и в не меньшей степени в том, что, выражая законы квантовой механики в «привычной» форме дифференциального уравнения, оно показало пример творческого подхода к созданию математического аппарата для описания сложных задач квантовой механики. В своих вычислениях Эрвин Шредингер обошелся без трансцендентной алгебры, характерной для

матричной механики Гейзенберга, и воспользовался вместо этого хорошо известными методами математической физики, знакомыми каждому физiku по классической электродинамике и механике сплошных сред. Благодаря этому квантовая механика впервые смогла получить практическое применение. Этим, в частности, объясняется и предпочтение, которое очень скоро стали оказывать математическим методам Шредингера перед матричным исчислением Гейзенберга (ср. [102]). На коллег-физиков волновая механика Шредингера произвела исключительно сильное впечатление. В одном из писем Альберт Эйнштейн — в каком-то смысле «крестный отец» теории Шредингера — признал: «Замысел Вашей работы свидетельствует о подлинной гениальности» ([72], с. 22), а Макс Планк писал автору эпохальной работы:

«Читаю Вашу статью с тем же напряжением, с каким любопытный ребенок выслушивает развязку загадки, над которой он долго мучился, радуясь красотам, раскрывающимся перед моими глазами...» ([72], с. 3).

Возможность математического описания задачи на языке физики сплошных сред пробудила у многих ученых надежду, что квантовая механика в конце концов получит классически наглядное истолкование. Эти надежды еще более укрепились, когда Шредингер в своей третьей статье, сданной в редакцию в марте 1926 г. (а также независимо от него Вольфганг Паули), показал полную математическую эквивалентность столь различных на первый взгляд теорий: матричной и волновой механики. Из собственных волновых функций Шредингера можно было построить матрицы Гейзенберга, и наоборот. Короткий период двоевластия, когда задача о квантовании, казалось, допускала два различных решения, закончился. На смену ему пришла единая квантовая теория.

Это, однако, отнюдь не положило конец дискуссиям о физическом содержании квантовой теории — а именно в этом вопросе физики разделились на два лагеря. В центре коллизии стояли теоретико-познавательные вопросы новой теории и прежде всего, конечно, природа волновой функции. Эрвин Шредингер, для которого авторитет классической концепции движения был непререкаем, пытался трактовать волновую функцию самым наглядным образом и говорил в этой связи о колебательном движении в трехмерном пространстве.

Такой взгляд не только предполагал принципиальную измеримость волновой функции ψ , но и позволял дать самое простое объяснение квантовым переходам. Квантовый скачок интерпретировался как постепенный переход из состояния, соответствующего собственному колебанию с энергией E_m , в состояние с энергией E_n ; излишек энергии $E_{m,n}$, проявляющийся при перекачке ее от одной моды к другой, излучался в виде электромагнитной волны. Электрон представлялся электрически заряженным облаком, обволакивающим атом, и преобразовывался в пространственно-распределенную электромагнитную волну, движущуюся непрерывно, без всякого квантового скачка. Квантовая механика, таким образом, естественно примыкала к классической, что дало Шредингеру повод с удовлетворением констатировать «человеческий подход ко всем этим вещам».

Особенно благожелательный отклик нашла теория Шредингера у «старых мастеров», воспитанных в традициях классической физики. Вилли Вин говорил о ней как о «выдающемся шаге в прояснении квантовой теории» и выражал надежду, что больше не придется «плескаться в болоте полуцелых и целочисленных квантовых последовательностей» и что восторжествует «здравый физический смысл». Им противостояли молодые теоретики, усмотревшие вызов в полуклассической теории Шредингера и утверждавшие, что

«...в принципиальных физических вопросах... ради общедоступной наглядности волновая механика уводит нас с прямого пути, намеченного, с одной стороны, работами Эйнштейна и де Бройля, а с другой — результатами Бора и квантовой механикой» ([87], с. 189).

Известный своим остроумием Вольфганг Паули окрестил взгляды Шредингера «цюрихской ересью», хотя, как и другие критики, признавал, что в физико-математическом отношении работы Шредингера относятся к «важнейшим трудам, появившимся в последнее время».

Итак, мнения по вопросу об адекватной интерпретации новой квантовой теории резко разделились. Однако к чести и славе тогдашних ученых, острейший научный конфликт никогда не выходил за рамки чистой науки: в столкновении мнений рождалось единое и непротиворечивое понимание квантовой механики.

Важной вехой в выработке этого понимания стал приезд Шредингера в Копенгаген осенью 1926 г., куда его пригласил Нильс Бор для того, чтобы в личной беседе попытаться достичь согласия по поводу противоречий между волновой и матричной теориями. Вернер Гейзенберг, который в то время также находился в институте у Бора, оставил такое воспоминание об ученых дискуссиях, доводивших порой собеседников до полного изнеможения:

«Дискуссии между Бором и Шредингером начались прямо на вокзале в Копенгагене и продолжались с раннего утра до поздней ночи каждый день. Шредингер остановился у Бора в доме, так что никакие посторонние обстоятельства не мешали их разговорам. И хотя Бор в общении с людьми был всегда предупредителен и любезен, теперь он казался мне чуть ли не фанатиком, не идущим ни на какие уступки своему собеседнику и не прощающим ему малейшей неточности... Беседы длились по многу часов днем и даже ночью, но к единому мнению так и не удавалось прийти. Через несколько дней Шредингер заболел — вероятно, вследствие чрезвычайного перенапряжения. Он слег в постель с простудой. Госпожа Бор ухаживала за ним, приносила ему чай с пирожными, а Нильс Бор сидел на краешке кровати и внушал Шредингеру: «Но вы же должны признать, что...» ([88], с. 105, 109).

Взаимопонимание по основным вопросам квантово-механического формализма так и не было достигнуто. Впрочем, этого и нельзя было ожидать: ни одна из сторон не могла в тот момент предложить законченное, непротиворечивое истолкование квантовой механики. Напряженная работа по прояснению этих проблем уже в последующие несколько месяцев показала, что полуклассическая интерпретация волновой механики Шредингера неправомерна. Сложности возникали как с интерпретацией волновой функции (в частности, при переходе к задаче с несколькими электронами волновую функцию нельзя было, как это первоначально сделал Шредингер, отождествлять с классическим пространственным распределением заряда), так и прежде всего в связи с попыткой построить физическую теорию исключительно на базе волновых представлений, отказавшись от концепции корпускулярно-волнового дуализма. Так, в своей работе, озаглавленной «Непрерывный переход от микро- к макро-механике» [19], Шредингер предпринял попытку заменить дискретные частицы в физике компактными группами волн (так называемыми волновыми пакетами). Однако единственным объектом, который удалось представить в подобном виде, был гармонический

осциллятор; для всех прочих объектов соответствующий волновой пакет «расплывался» уже через короткое время, так что оказывалось, что в рамках теории Шредингера стабильные элементарные объекты невозможны. Естественно, это противоречило наблюдениям, которые всегда обнаруживают резко локализованные частицы. Разумеется, Шредингер сам видел все связанные с этим проблемы, однако он считал, что разрешение этого противоречия есть лишь «вопрос вычислительных способностей» ([72], с. 9).

Выход из затруднения подсказали исследования процессов атомных столкновений, проведенные Максом Борном в конце лета 1926 г. Анализ рассеяния электронов и альфа-частиц на ядрах довольно неожиданно дал ключ к пониманию смысла волновой функции Шредингера: квадрат ее амплитуды соответствовал вероятности, с которой соответствующая частица может быть обнаружена в данной точке пространства. В то время как для Шредингера волновая функция была еще одной непосредственно наблюдаемой величиной, Борн отводил ей роль «направляющего поля» для электронов (Эйнштейн иронически называл его «призрачным полем» — *Gespensterfeld*), закон изменения которого определялся уравнением Шредингера. Это означало, что из волновой функции можно определить лишь вероятность осуществления определенного события, о самом же событии (например, акте излучения кванта света) определенных выводов сделать нельзя, так как волновая функция описывает отдельные события лишь постольку, поскольку они являются элементами некоторого статистического ансамбля. Такая интерпретация поставила волновую механику на прочную физическую основу и выбила почву из-под многих уводящих в сторону спекуляций, в том числе и из-под наивно-реалистических рассуждений Шредингера.

Для Эрвина Шредингера подобное статистическое истолкование квантовой теории, очень скоро получившее относительно замкнутый и непротиворечивый вид (так называемая копенгагенская интерпретация, 1927 г.), было тогда в высшей степени неприемлемо. Во время пребывания в Копенгагене он заявил Бору:

«Если мы собираемся сохранить эти проклятые квантовые скачки, то мне приходится пожалеть, что я вообще занялся квантовой теорией» ([88], с. 108).

А год спустя он писал в сборнике, посвященном юбилею де Бройля:

«Де Бройлю так же, как и мне, должно быть горько и обидно видеть, что волновые представления приобретают трансцендентальный, чуть ли не мистический вид, и большинство ведущих теоретиков приветствуют это как единственную интерпретацию, согласующуюся с экспериментальными результатами» ([103], с. 18).

Столь упорное неприятие статистической интерпретации тем более удивительно, что всего за несколько лет до того Шредингер говорил о статистической справедливости закона сохранения энергии [11] и, кроме всего прочего, благодаря своему учителю Францу Экснеру он хорошо представлял себе, что абсолютную детерминированность молекулярных явлений не следует воспринимать как само собой разумеющуюся истину (ср. [55]). Но несмотря на это, Шредингер, так же как и де Бройль, Эйнштейн, Лауэ или Планк, не собирался менять своего отрицательного отношения к копенгагенской трактовке квантовой теории. Ему было прямо-таки страшно представить, чтобы «электрон мог прыгать, как блоха». А поскольку Шредингер был убежден, что научные споры решаются отнюдь не большинством голосов, он в своих выступлениях и публикациях пользовался всякой возможностью отстаивать волновую трактовку электрона. Об одном из таких случаев вспоминал Макс Борн в своем некрологе Эрвину Шредингеру:

«Шредингер опубликовал... в журнале Британского общества философии естествознания большую статью в двух частях под названием «Существуют ли квантовые скачки?» [35]. В ней он, опираясь на широкую философскую основу, защищал свои идеи и резко нападал на инакомыслящих... То же общество пригласило нас обоих в Лондон на открытую дискуссию. Я прибыл на дискуссию, но от Шредингера пришло сообщение, что серьезное заболевание лишает его возможности принять в ней участие. Так эта борьба идей, напоминавшая времена Реформации, не состоялась, и мне пришлось одному вести разговор с большой аудиторией... Позже в том же журнале я опубликовал свой ответ на нападки Шредингера... На это он уже не ответил, причем в одном из своих последних писем объяснил свое мнение следующим образом: «ничего мне, конечно, не помешает позже ответить тебе; это не будет ниже моего достоинства. Но ты знаешь выражение, применяемое в английской палате общин: «Мне нечего добавить к уже сказанному мною». К тому же я не люблю беспокоить издателей, наборщиков и др.» ([43], с. 86).

И хотя надежды Шредингера на создание своего рода классической теории поля для атомных явлений

не оправдались и его попытки в этом направлении представляют сегодня лишь исторический интерес, его работы тем не менее следует признать важной вехой в истории физики двадцатого века. Волновая механика Шредингера стала важным шагом в разработке математических методов квантовой механики, а также ознаменовала целый этап в развитии теоретико-познавательного содержания квантовой физики.

Опираясь на свои фундаментальные исследования, Шредингер в последующие годы много занимался детальной разработкой волновой механики и ее практическими приложениями. Особое место занимают здесь его работы по теории возмущений, которые впоследствии получили развитие в большом числе приложений и благодаря которым уравнение Шредингера стало важнейшим инструментом современной науки — от физики твердого тела до физики элементарных частиц. И сегодня уравнение Шредингера занимает одно из центральных мест в физике, а имя его создателя стало одним из наиболее часто цитируемых имен в специальной литературе. О высокой репутации Шредингера свидетельствуют не только приводимые здесь отрывки из писем, но и тот факт, что в ведущих центрах физической науки он всегда был желанным участником дискуссий. Еще до своей поездки в Копенгаген он делал доклады по волновой механике и принимал участие в семинарах в Мюнхене, на знаменитом Берлинском физическом коллоквиуме; в Немецком физическом обществе. В конце декабря 1926 г. он по приглашению своих американских коллег посетил ряд университетов США.

«Прекрасные годы, когда я учил и учился» в Берлине

Как создатель волновой механики Эрвин Шредингер выдвинулся в первые ряды физиков своего времени. Это достижение не только принесло Шредингеру широкую известность в научных кругах, но и сделало его достойным кандидатом на престижный профессорский пост. Привлекательная возможность открылась в это время в Берлинском университете, где после ухода Макса Планка в почетную отставку кафедра теоретической физики оставалась незанятой.

Берлинская вакансия была очень заманчивой; к тому же уже на первом заседании комиссии, созданной для решения вопроса о преемнике Планка, была предложена среди прочих и кандидатура Шредингера. В качестве доводов в его пользу приводились не только его выдающиеся научные достижения, но и его умение «ясно и доходчиво читать лекции», впечатление от которых «еще более усиливалось благодаря привлекательному южнонемецкому темпераменту». После многомесячных дискуссий, в ходе которых, кстати, Вернер Гейзенберг был признан «слишком молодым» для подобной должности, комиссия представила 2 ноября 1926 г. окончательный список кандидатов, в котором Шредингер значился под вторым номером перед Максом Борном. Вероятность того, что он окажется первым кандидатом, была, однако, велика, поскольку Арнольд Зоммерфельд, чье имя открывало список, был уже на пороге седьмого десятка и к тому же занимал не менее престижную должность в Мюнхене.

Тем не менее тот факт, что первым в списке стоял Зоммерфельд, лишний раз свидетельствует о том, сколь высок был престиж берлинской кафедры теоретической физики. Преемником духовного вождя немецких физиков мог стать лишь ученый с высочайшей профессиональной репутацией, и здесь трудно было соперничать с Зоммерфельдом. Престижность берлинской профессуры зиждилась не на сказочно высоком жалованье, а скорее на той роли, которую тогда играл

Берлин в развитии науки. В особенности это относится к физике и смежным дисциплинам: «два крупных высших учебных заведения, Государственный физический институт, Институт имени кайзера Вильгельма, астрофизическая обсерватория в Потсдаме, промышленные исследовательские лаборатории собрали в Берлине беспрецедентное число первоклассных физиков» ([41], с. 145).

История физики XX в. неразрывно связана с историей берлинских научных учреждений, где работали такие знаменитые ученые, как Альберт Эйнштейн, Фриц Хабер, Отто Ган, Лиза Мейтнер, Макс фон Лауэ, Вальтер Нернст, Макс Планк.

После того как Арнольд Зоммерфельд отказался переезжать в Берлин, Эрвин Шредингер оказался перед нелегким выбором. С одной стороны, перспектива стать преемником Макса Планка и коллегой Альберта Эйнштейна и других знаменитостей была очень заманчива, с другой — за эти годы он привык к Цюриху; здесь он добился больших научных успехов и мог поддерживать тесные научные и дружеские отношения с такими выдающимися учеными, как Петер Дебай и Герман Вейль. Трудно было решиться оставить все это и, окунувшись в кипучую жизнь Берлина двадцатых годов, осваиваться в новом окружении.

В Цюрихе не хотели расставаться со своим именитым коллегой. Ему предложили занимать должность профессора одновременно в университете и в Цюрихском политехникуме; были, конечно, лестные предложения и в отношении дальнейшего продвижения.

Эти аргументы имели немалый вес, и все же притягательность Берлина, тогдашнего центра физической науки, оказалась сильнее. Роль последнего довода сыграло замечание Планка о том, что он лично был бы рад видеть Шредингера своим преемником. Об этом свидетельствуют и стихи, записанные Шредингером в альбом Планка после переезда в Берлин ([58], с. 186):

Когда я видел: там, на горизонте
Алмазный блеск заоблачных снегов,
Леса густые, бархатные склоны
Отложистых нездешних берегов,

Меня брал страх. Как — думал я тогда —
Я брошу эти горы и долины

И всё, чем жил, чем счастлив был, покину,
Волшебный край оставляю навсегда.

Там слава ждет! Но что такое слава
Для тех, кому противен балаган.
Раскаянья и ностальгии лавры
Тебе наградой будут. Знаешь сам:

Пройдет еще немало лет, пока
Признание к физику придет. Но, право,
Сейчас в обмен на будущую славу
Стать каменного узником мешка?

Так думал я. И вот я все же здесь —
Не из-за славы, в этом нет сомненья.
Не из-за денег, хоть в них польза есть
(Я говорю об этом без смущенья).

Решили всё слова. Не длинный ряд
Велеречивых просьб и увещаний.
Нет, те слова, что Вы тогда сказали,
Сказали, будто вскользь: «Я буду рад!»

Эрвин Шредингер переселился в Берлин в конце лета 1927 г., а 1 октября, с началом зимнего семестра, приступил к исполнению обязанностей ординарного профессора теоретической физики. Духовный климат в университете и в других научных заведениях позволил урожденному австрийцу быстро освоиться с жизнью в прусско-немецкой метрополии. С характерной для него скромностью Шредингер однажды заметил в этой связи:

«При этом чувствовалось, что на тебе лежит лишь малая доля ответственности, так как всегда можно было скрыться в числе тех, кто превосходил тебя по возрасту и авторитету. Для науки это были очень хорошие и очень свободные годы. Сейчас я не могу сказать, навсегда ли ушли они в прошлое» ([27], с. 87).

В ту пору накал научной жизни в Берлине был очень высок. Каждую среду, например, физики собирались на известный во всем мире коллоквиум для обсуждения актуальнейших научных проблем. Эти дискуссии шли свободно, без регламента, и завершались обычно в одном из берлинских кафе, так что в возможностях для общения берлинские физики не испытывали недостатка. Эрвин Шредингер очень скоро был принят в это общество единомышленников и чувствовал себя там вполне свободно с самого начала. Особенно теплые отношения установились у него с Альбертом Эйнштейном, Максом Планком и, конечно, с его соотечественницей Лизой Мейтнер. Он был час-



Рис. 7. Эрвин Шредингер и Лиза Мейтнер.

тым гостем на домашних концертах у Планка, хотя сам в отличие от большинства своих коллег не играл ни на одном инструменте. Желанным гостем был он и в семье Эйнштейна. Он любил тихую идиллию дома Эйнштейна в Капуте под Потсдамом, где вдали от городской суеты можно было часами вести научные дискуссии или с борта парусной яхты наслаждаться сельскими пейзажами. Да и «сосисочные вечера» у Шредингера в Грюневальде собирали много друзей из числа его ученых коллег. Шесть лет, проведенных в Берлине, Шредингер относил к самым счастливым годам своей жизни.

В научном отношении берлинские годы были очень продуктивными. «Прекрасные годы, когда я учил и учился», — так Шредингер отзывался об этом периоде своей жизни. Здесь он смог завершить важные работы, дающие окончательную формулировку волновой механики; при этом наряду с частными задачами, например дальнейшим развитием квантовомеханической теории возмущений, в центре его внимания оказались и

фундаментальные проблемы, связанные с интерпретацией квантовомеханического формализма. У него не было недостатка в единомышленниках среди его берлинских коллег: Альберт Эйнштейн, Макс фон Лауэ, Макс Планк также придерживались консервативного взгляда на квантовую теорию, категорически отказываясь признавать за статистикой право лежать в основе физической теории. Как и Эйнштейн, Шредингер не мог поверить, что «бог играет в кости». Со стороны же геттингенских и копенгагенских физиков эти представления подвергались суровой критике. Многие работы Шредингера в тот период возникли как ответ на эти критические выступления. В них делалась попытка доказать, что копенгагенская трактовка квантовой теории (принцип дополнительности, соотношение неопределенностей, статистическая интерпретация) ни в коем случае не разрешает противоречий, обсуждавшихся в предшествующие годы, но в лучшем случае лишь играет роль переходного этапа в развитии квантовых методов. Желаемых результатов эти работы Шредингера, однако, не достигли: хотя он и сыпал соль на открытые раны квантовой теории, ему не удалось доказать ее принципиальную несостоятельность, и поэтому копенгагенская трактовка в своих основах оставалась непоколебимой.

Уже в самом начале берлинской карьеры Шредингеру представилась возможность открыто высказать свое отношение к основным вопросам квантовой теории. В конце октября бельгийский промышленник Эрнест Сольвей пригласил ведущих физиков мира в Брюссель, чтобы во время пятидневного «заточения» они могли без помех посвятить себя обсуждению фундаментальных научных проблем.

Хотя основная тема этой состоявшейся уже в пятый раз физической «встречи на высшем уровне» называлась «Электроны и фотоны», главные споры разгорелись вокруг различных точек зрения на квантовую теорию. Участие Шредингера в этой конференции и, более того, сделанное ему предложение выступить с докладом на пленарном заседании, лишний раз подтвердили его принадлежность к элите представителей физической науки.

Насущные проблемы бескомпромиссно обсуждались в узком кругу с раннего утра до поздней ночи, причем дискуссия очень скоро превратилась в дуэль



Рис. 8. Пятая Сольвеевская конференция в Брюсселе. Слева направо: в нижнем ряду Лэнгмюр, Планк, г-жа Кюри, Лоренц, Эйнштейн, Ланжевен, Гюи, Вильсон, Ричардсон; в среднем ряду: Дебай, Кнудсен, Брэгг, Крамерс, Дирак, Комптон, де Бройль, Борн, Бор; в верхнем ряду: Пикар, Анрио, Эренфест, Герцен, де Дондер, Шредингер, Вершафельт, Паули, Гейзенберг, Фаулер, Бриллюэн.

между Альбертом Эйнштейном и Нильсом Бором, в которой прочие корифеи играли роль секундантов. Об этой «битве гигантов» Пауль Эренфест писал:

«Я восхищался диалогами между Бором и Эйнштейном. Это было похоже на игру в шахматы. Эйнштейн приводил все новые примеры мысленных конструкций вечного двигателя второго рода, чтобы опровергнуть соотношение неопределенностей. Бор, окутанный философическими клубами табачного дыма, находил все новые аргументы против примеров Эйнштейна. Эйнштейн, как чертик из табакерки, каждое утро являлся со свежими силами. О, это было восхитительно...» ([89], с. 96).

И хотя Нильс Бор каждому мысленному эксперименту Эйнштейна смог противопоставить свой, это не поколебало Эйнштейна в его убеждениях. Как и Эрвин Шредингер и другие принципиальные противники копенгагенской трактовки квантовой теории, он упрямо держался прежней точки зрения. Однако копенгагенская трактовка находила все больше сторонников, и дебаты на сольвеевской конференции значительно укрепили ее позицию. Копенгагенская интерпретация квантовой теории стала неотъемлемой частью современной физики.

На следующий год после переезда в Берлин Шредингер был избран членом Берлинской академии наук; к этому времени он уже состоял в академиях наук

Советского Союза¹⁾ и Австрии. Принятие Шредингера в Берлинскую академию было почти само собой разумеющимся делом: к этому вели и его научные заслуги, и тот факт, что все его предшественники по службе, от Густава Кирхгофа до Макса фон Лауэ, были действительными членами Берлинской академии. И тем не менее единодушие академиков как при голосовании в отделении физики (29 ноября 1928 г.), так и на общем голосовании (17 января 1929 г.) было поразительным: единогласного избрания удостоивались немногие. В представлении, внесенном Максом Планком и подписанном Максом фон Лауэ, Вальтером Нернстом, Эмилем Варбургом и Фридрихом Пашеном, особо подчеркивалось, что Эрвин Шредингер

«...уже с самого начала своей научной деятельности... приобрел известность благодаря ясности и независимости суждений и многосторонности своих интересов и занял выдающееся положение среди физиков-теоретиков нового поколения благодаря своим основополагающим работам в области волновой механики» ([92], с. 259).

Знаком большого уважения и признания заслуг стало также и то, что именно Эрвину Шредингеру было поручено выступить с приветственным обращением от имени Берлинской академии по поводу 50-летнего юбилея профессорской деятельности Макса Планка в 1929 г. [23]. Это не было рядовым поручением: ведь речь шла не просто о коллеге, но об ученом, принадлежавшем к самым выдающимся представителям Берлинской академии. К этому заданию, как и к прочим своим академическим обязанностям, Шредингер отнесся с большой ответственностью. За пять лет членства в академии он семь раз выступил на собраниях отделения и на общих собраниях, а также шесть раз представлял свои работы на суд коллег; такая активность внушает уважение не только по сегодняшним меркам. Среди тем его докладов в отделении математики и естественных наук были следующие: «Размытые спектры собственных значений», «Статистическая интерпретация волновой механики», «К вопросу о том, насколько сильно точные науки определяют культурную жизнь эпохи». Доклады и работы этого периода показывают, что центральное место в творчестве Шре-

¹⁾ Действительным членом АН СССР Э. Шредингер стал в 1934 г. — *Прим. ред.*

дингера тогда занимали теоретико-познавательные вопросы квантовой теории. В качестве члена Берлинской академии Шредингер также принимал участие в так называемых академических чтениях. Эти публичные лекции посвящались более или менее популярным вопросам и должны были способствовать установлению контактов между академией и широкими кругами образованных людей; они проводились с начала двадцатых годов. В рамках этих чтений Эрвин Шредингер выступил 8 февраля 1933 г. с докладом «Почему атомы столь малы?» Как свидетельствует кассовый отчет, на лекции присутствовало около 300 слушателей — и по нынешним временам это большой успех для докладчика. Во всяком случае, академическая статистика не упоминает ни об одном посетителе, который бы потребовал возврата входной платы и компенсации за потерянное время, ссылаясь на то, что профессор Шредингер так и не объяснил, почему же атомы столь малы.

Поскольку Берлинская академия в пору членства в ней Шредингера была исключительно сообществом ученых и не располагала собственными исследовательскими лабораториями и институтами, профессиональная деятельность Шредингера сконцентрировалась в Берлинском университете. Здесь он получал жалованье и здесь же он должен был вести свою научную и преподавательскую работу. Помимо этого, в качестве профессора университета и члена академии он курировал различные научные учреждения столицы. Будучи куратором Потсдамской астрофизической обсерватории и физического института им. кайзера Вильгельма, Шредингер содействовал проведению в жизнь важных научно-организационных мероприятий. Не следует, однако, переоценивать эту сторону его деятельности: его имя в протоколах заседаний встречается крайне редко. Здесь, как и в жизни вообще, он оставался настоящим «единоличником» (Einspänner) и поднимал голос лишь тогда, когда требовалось внести поправки или дополнения. Это же можно сказать и о его работе в высшей школе. В каталоге диссертаций Берлинского университета нет, например, ни одной работы, в которой Шредингер был бы назван в качестве научного руководителя. Виктор Вайскопф, бывший ассистентом Шредингера в зимнем семестре 1931/32 учебного года, писал:

«У меня было очень мало научных контактов со Шредингером. Он всегда держался особняком и не любил обсуждать ни свои собственные научные интересы, ни интересы своих ассистентов... Мы касались науки лишь в разговорах о лекциях и практических работах, которые я должен был вести и проверять... Несомненно, Шредингер играл в университете роль аутсайдера. Однако он регулярно посещал семинары и коллоквиумы и принимал живое участие в обсуждениях» [81].

Преподавательская нагрузка Эрвина Шредингера в Берлине составляла 4—5 лекций или семинаров в неделю. За шесть лет преподавательской работы Шредингер в своих лекциях охватил почти все разделы физики. Среди прочитанных им курсов — «Механика деформируемых тел», «Статистическая теория вещества и излучения», «Электронная теория», «Квантовая теория», «Теория поля», «Физика частиц» и др. По всем этим разделам велись соответствующие практические работы; кроме того, Шредингер вместе с Максом фон Лауэ руководил знаменитым физическим коллоквиумом.

Лекции и семинары Шредингера были запланированы и на зимний семестр 1933/34 учебного года, однако этому не суждено было сбыться. Приход к власти Гитлера и связанные с этим политические события не оставляли у Шредингера сомнений в том, что при новом режиме для него, как и для любого гуманистически настроенного человека, нет места. Хотя он и не подвергся преследованиям ни по политическим, ни по расовым мотивам, летом 1933 г. Шредингер принял решение эмигрировать. Ученому, которому исполнилось уже 46 лет, решиться на это было, конечно, нелегко. Как писал Макс Борн ([43], с. 692), «в немолодом возрасте обрубить корни и жить на чужбине — это не мелочь».

Годы, проведенные в Берлине, Шредингер всегда вспоминал, однако, с большой теплотой. В письме президенту тогдашней Германской академии наук, действительным членом которой он оставался до конца жизни, он писал 28 марта 1948 г., что за время, проведенное там, он научился любить и ценить Берлин и что он относится к нему

«...как к своей второй родине — не в последнюю очередь за то, что в ту пору там существовала возможность свободно мыслить и свободно высказывать свое мнение, возможность, которая теперь, к сожалению, во многих странах находится под угрозой» [80].

В изгнании

1933 год стал роковым не только в истории Германии, но и в истории науки. Политические и расовые преследования, начавшиеся уже в первые недели после прихода Гитлера к власти, послужили причиной беспрецедентного массового бегства из страны лучших умов. Тысячи людей лишались работы из-за «неблагонадежности», или «неарийского происхождения», или же просто из-за «отсутствия гарантий того, что они безоговорочно примут национал-социалистический режим». Очень скоро Германия утратила свой статус международного центра науки. Особенно пострадали естественные науки, потерявшие уже до 1935 года каждого пятого своего представителя. Крупные научные центры, такие, как Геттинген или Берлин, в результате этих событий были практически обескровлены.

Все это, и прежде всего, конечно, потеря Берлином права называться столицей физической науки, привело Шредингера к решению покинуть страну. Несомненно, этот шаг был актом протеста против нацистского варварства и имел политическую окраску, хотя и был совершен человеком, чрезвычайно далеким от политики. Деятельность Эрвина Шредингера очень редко выходила за рамки чисто научных занятий, и он был далек от мысли принимать активное участие в повседневной политической жизни. Как вспоминал Макс Борн,

«...он в очень редких случаях и неохотно делал это и позже, когда его собственная наука трагическим образом оказалась втянутой в большую политику» ([43], с. 692).

Фашистская идеология и основанный на ней режим были, однако, настолько враждебны по отношению ко всему, что ценил Шредингер, что он не мог и не хотел оставаться политически нейтральным. Но главной причиной эмиграции Шредингера был внутренний конфликт, вызванный тем, что политика вторгалась в его жизнь. Сам он на вопросы о причинах своего

отъезда из Берлина давал обычно стандартный ответ: «Я терпеть не могу, когда меня донимают политикой» ([82], с. 363).

В эту картину полной аполитичности вполне укладывается и то, что Эрвин Шредингер не занял четкой позиции ни по отношению к выходу из академии Альберта Эйнштейна, ни по отношению к позорной практике увольнений его коллег из университета. В то же время отношение к происходившему таких людей, как Макс фон Лауэ, было однозначным и именно благодаря им мы сегодня знаем, что и наука не отступала без боя под натиском фашизма. Шредингер уехал из Берлина под предлогом творческого отпуска — совсем не так, как Джеймс Франк, чей демонстративный отъезд из Геттингена вылился в антифашистскую манифестацию.

Шредингер не скрывал своего отрицательного отношения к нацистскому режиму и, как вспоминает Иоффе ([91], с. 53), высказывал «крайне антифашистские убеждения». Однако он не видел пути к открытой и последовательной борьбе с фашизмом. Буржуазно-гуманистическая политическая позиция Шредингера не позволяла ему подняться выше идеалов абстрактного гуманизма. Все это, конечно, не умаляет его личной смелости и силы характера, благодаря которым он нашел в себе силы расстаться с Берлином и с высоким положением в академических кругах еще тогда, когда «ученый мог беспрепятственно продолжать нормальную и интенсивную научную работу» [78].

Обстоятельства, облегчившие отъезд Шредингера за границу, сложились вскоре после прихода Гитлера к власти. Как раз в это время английский физик Ф. Линдемман, позднее ставший лордом Черуэллом и вошедший в историю как один из отцов англо-американской концепции «войны с воздуха», объезжал Германию, приглашая уволенных со службы ученых в Англию и прежде всего в свой родной Оксфордский университет. Линдемман, ученик Нернста, посетил и Шредингера, и когда тот в разговоре с ним выразил желание в связи со сложившейся политической обстановкой покинуть Берлин, предложил ему работу в Оксфорде. Дав принципиальное согласие, Шредингер мог спокойно готовиться к отъезду из Берлина. По окончании летнего семестра он отправился на отдых в



Рис. 9. Прибытие Нобелевских лауреатов в Стокгольм. Слева направо: г-жа Гейзенберг (мать Вернера Гейзенберга), г-жа Дирак, г-жа Шредингер, Поль Дирак, Вернер Гейзенберг, Эрвин Шредингер.

Южный Тироль, и оттуда уже не вернулся. Он письменно известил соответствующее министерство о своем желании получить творческий отпуск. Письмо осталось без ответа, но с 1 сентября жалование ему уже не начислялось.

Каждому в Германии было ясно, что кроется при данных обстоятельствах за «творческим отпуском». В берлинской «Deutsche Zeitung» от 24 октября 1933 г. под заголовком «Потеря немецкой науки» мы читаем:

«Немецкая наука понесла тяжелую потерю: профессор Эрвин Шредингер... перешел на работу в Оксфордский университет... Поскольку приглашение в английский университет... последовало, несомненно, в результате предварительного соглашения, мы должны заключить, что выдающийся ученый... покинул Германию навсегда».

В октябре Шредингер и его жена прибыли в Оксфорд, и вскоре после приезда он получил известие о том, что ему вместе с Полем Адриеном Морисом Дираком присуждена Нобелевская премия по физике за 1933 год; как говорилось в постановлении Нобелевского комитета,

«...в знак признания заслуг в разработке и развитии новых плодотворных формулировок атомной теории...» ([27], с. 41).

Это принесло Шредингеру мировую славу: Нобелевская премия уже тогда была высшим отличием, которого мог удостоиться ученый. Высокая награда дала Шредингеру удовлетворение, смягчившее боль от разлуки с Берлином.

В начале декабря Шредингер предпринял поездку в шведскую столицу, о которой он позднее писал:

«...этот чудесный город с широкими водными пространствами, роскошными зданиями, гордым замком, башнями и скалами, веселыми

и жизнерадостными жителями, дружелюбно встречающими гостей; этот город, под обаяние которого попадаешь сразу и который не похож на все другие города в мире» ([27], с. 79).

Десятого декабря он получил из рук шведского короля диплом Нобелевского лауреата. При всей официальности момента Шредингер был переполнен и глубоко личными мыслями и чувствами, которые он выразил в своей речи на приеме у шведского монарха:

«...перед блеском этого дня лауреаты могут лишь скромно потупить взор и сказать себе, что они стоят сейчас здесь не как отдельные личности, но как носители огромного охватывающего весь мир стремления к истине, которому воздается сейчас честь. ...я надеюсь очень скоро вернуться сюда — и еще не раз, — но не на торжества в украшенных флагами залах и не с парадным костюмом в чемодане, а с лыжами на плече и рюкзаком за спиной. И тогда я надеюсь познакомиться с этой страной, которая подарила мне столько любви и добра, и научиться любить ее еще больше, если только это возможно» ([27], с. 80).

Среди лауреатов был также Вернер Гейзенберг, получавший премию, которой был удостоен в 1932 г. В кулуарах шли разговоры о положении в Германии и в немецких университетах. Гейзенберг решил остаться в Германии, однако то, что он рассказывал, было еще более удручающим, чем то, что Шредингер видел своими глазами весной. Преследования и произвол принимали все более жестокие формы и все большее число людей склонялось к решению покинуть страну. От этого, конечно, жизнь Шредингера на чужбине не становилась легче, однако он убеждался в правильности своего решения. И все же еще в Стокгольме он заявил, что

«...в данный момент не может сказать, окончательно ли берлинские времена ушли в прошлое» ([27], с. 87).

Три года Шредингер оставался в Оксфорде, где он был исследователем-стипендиатом богатого традициями колледжа св. Магдалины и не должен был вести какую-либо преподавательскую работу. Несмотря на то, что условия для работы были прекрасными и он находился здесь в тесном кругу коллег (Франц Саймон, Николас Курти и др.), он не стал здесь «своим человеком», поскольку не был оксфордским выпускником. Ему не удалось освоиться в специфической атмосфере английского колледжа. Макс Борн, находившийся в это время неподалеку в Кембридже и поддерживавший тесный контакт со Шредингером, рассказывал:

«Его в Оксфорде высоко чтили, но он так и не смог привыкнуть к исключительно мужскому обществу колледжа. Ему не доставало женского общества, а женщин в колледже не было. Многократно он почти с болью говорил мне, что ему становилось не по себе, когда его сосед по столу, которому он с шредингеровской откровенностью высказывал свое мнение, принимал важный вид, почти как какой-нибудь бывший премьер-министр» ([43], с. 692).

Тоска по дому не проходила в Оксфорде, и Шредингер позволил своему старому другу и коллеге Гансу Тиррингу уговорить себя принять приглашение на осенний семестр 1936 г. в университет города Грац (Австрия). Это решение, конечно, было продиктовано политической наивностью и полным незнанием обстановки в стране, тем более что в то же самое время он отклонил предложение работать в Эдинбурге. Непосредственно перед отъездом на родину Шредингер вместе с Эйнштейном и Чернавиным опубликовал 25 марта 1936 г. в газете «Times» письмо, в котором выражалась благодарность так называемому «Комитету помощи ученым» и его президенту Эрнесту Резерфорду за большую поддержку, которую эта организация оказывала ученым, особенно эмигрантам из Германии. Ученые, подписавшие письмо, отмечали, что «...продолжение нашей научной работы, ставшее возможным во многом благодаря помощи Комитета, должно послужить выражением нашей признательности».

А через несколько недель после опубликования этого письма Шредингер уже покинул Англию. С 1 октября 1936 г. он приступил к исполнению обязанностей ординарного профессора теоретической физики в университете города Грац, причем ему одновременно было предоставлено право («так, чтобы это не наносило ущерба его основной преподавательской деятельности») читать лекции с почасовой оплатой в Венском университете. Однако его деятельность здесь не продолжалась и двух лет, что лишний раз свидетельствует о поспешности решения Шредингера вернуться на родину. После насильственного присоединения Австрии к гитлеровской Германии в марте 1938 г. в ведущем австрийском университете начались те же события, которые Шредингер уже пережил весной 1933 г. в Берлинском университете. Заслуженные преподаватели увольнялись с работы, и сам Шредингер испытал на себе действие «Указа о новом порядке занятия должностей в Австрии»: 31 марта 1938 г. он был освобожден от должности без всякого пособия

из-за политической неблагонадежности. В Берлине ему не простили его «творческий отпуск», а также и то, что он уклонялся от неоднократных предложений вернуться к своему прежнему месту работы. После такого решения австрийских властей в Берлинском университете, разумеется, поспешили по указке сверху лишить Шредингера звания профессора в отставке, которое он формально сохранял, и вычеркнуть его из всех университетских списков [79].

Когда все протесты против увольнения Шредингера не возымели действия, и к тому же стало ясно, что выезд за границу очень скоро станет невозможен, Шредингер, как ни далек он был от политики и от повседневных забот, осознал всю серьезность ситуации и поспешно покинул Грац «с одним чемоданом, бросив все свое имущество» [78]. Первой остановкой в его новых странствиях был Рим, где он смог возобновить контакт с друзьями.

К счастью, к этому времени у него в руках уже было несколько ниточек, ведущих за границу. Одна из них тянулась к ирландскому главе правительства И. де Валера, который вынашивал мысль о создании в Дублине института по типу Принстонского института высших исследований и был не прочь привлечь туда Шредингера. И. де Валера был выдающейся личностью в истории молодой Ирландской республики. В первые десятилетия нашего века он стал виднейшим и бескомпромиссным борцом за независимость Ирландии, а позднее на протяжении нескольких десятков лет был министром иностранных дел, главой правительства и (с 1959 г.) президентом и стоял у истоков политики островной республики.

В тот момент де Валера уже занимал пост премьер-министра. Получив от него транзитную визу по всей Европе, Эрвин и Аннемари Шредингер смогли без особых проблем добраться до Швейцарии. Но и здесь они оставались недолго: после Судетского кризиса стало очевидно, что в Европе разгорается военный пожар, и единственный путь лежал в Англию: Шредингер не хотел в третий раз испытывать на себе гитлеровский террор. Осенью 1938 г. Шредингер после двухлетнего отсутствия вернулся в Оксфорд.

Тем временем де Валера энергично принялся за организацию научного центра, хотя, конечно, это не было делом нескольких дней или даже недель. Пока

же, до открытия института, Шредингер с благодарностью принял приглашение Фонда Франкí в Гент (Бельгия). Туда он направился зимой 1938/39 г. Но и здесь счастливая звезда не сопутствовала ему: в Генте его застала разразившаяся в сентябре 1939 г. вторая мировая война. Как эмигранту, ему угрожали высылка, интернирование и другие репрессии. Лишь благодаря вмешательству де Валера Шредингеру удалось избежать самого худшего: он получил от Верховного комиссара в Ирландии¹⁾ охранную грамоту, позволившую ему, «гражданину враждующей державы» (после присоединения Австрии он стал гражданином Германии), беспрепятственно проехать через Англию. 7 октября 1939 г. Шредингер с женой прибыл в столицу Ирландии Дублин. Многолетняя одиссея пришла к счастливому концу, и семнадцать следующих лет, самый долгий период в своей академической карьере, Шредингер оставался в Дублине. Здесь ему удалось создать вокруг себя такую обстановку, которая позволила спокойно и размеренно продолжать научные исследования.

Политические волнения прошедших лет оставили тяжелый след в жизни Шредингера: по сравнению с его прежними достижениями его творчество после 1933 г. не отличалось выдающейся продуктивностью. В этом нет ничего удивительного, если учесть, в каких обстоятельствах он находился все это время. Хотя Шредингер продолжал работать над развитием квантовой теории и теории относительности (в направлении единой теории поля Эйнштейна), его усилия в эти беспокойные годы не дали решающих результатов. То же самое можно сказать и о его исследованиях в области пятимерного представления теории относительности, а также в теории сверхпроводимости и в космологии. Ему не удалось вернуть то высокое творческое напряжение, которым отличались цюрихский и берлинский периоды. Таким оказался для Шредингера «творческий отпуск», начавшийся в печальной памяти 1933 году. Общее впечатление об этих событиях хорошо выразил Ганс-Юрген Тредер и Роберт Ромпе:

¹⁾ Верховный комиссар — название должности представителя Великобритании в колонии, а позднее — в бывшей колонии, входящей в Британское содружество.

«Мы считаем, что современная физика обязана своими успехами той творческой атмосфере, которая возникает из научной кооперации в самых различных формах... . С приходом в 1933 году Гитлера к власти все это было за короткое время разрушено: многолетние научные связи были разорваны, и тяжесть этого удара отразилась даже на тех, кто не был задет непосредственно... Этим была сведена на нет высокая эффективность научного творчества в физике» ([97], с. 16).

«Штатный гений» в Дублине

К 7 октября 1939 г., дню, когда Шредингер ступил на землю своей новой приемной родины, ирландский парламент уже три месяца обсуждал законопроект о скорейшем основании Института высших исследований. Институт должен был состоять из двух независимых отделений: отделения кельтского языка и отделения теоретической физики. Не только по названию, но и по своей структуре и задачам этот институт соответствовал Принстонскому институту, созданному в начале тридцатых годов главным образом для Альберта Эйнштейна. Идея создания аналогичного института в Ирландии принадлежала ирландскому премьер-министру И. де Валера, который до своей политической карьеры был профессором математики в Дублинском университете и теперь на своем государственном посту высоко ставил интересы развития науки. Де Валера исходил из убеждения, что наука на его родине нуждается в новых стимулах, чтобы возродить свою былую славу, связанную с именами Джорджа Беркли, Джорджа Фитцджеральда, Джорджа Стокса и, конечно, Уильяма Роуана Гамильтона. В своей речи перед ирландским парламентом де Валера в этой связи заявил, что

«...в области математики и физики мы занимаем важнейшее место в мире или по крайней мере занимали его. Имя Гамильтона известно каждому физiku и математику. Наша страна — родина Гамильтона, родина великого математика. Сейчас мы имеем удачную возможность основать школу теоретической физики...; я надеюсь, что это послужит тому, чтобы вернуть в этой области то положение, которое Дублин и вся Ирландия занимали в середине прошлого века. Эта школа должна служить исключительно развитию науки и укреплению позиции нашей страны как центра ученого мира; она должна привлекать ученых из-за рубежа» ([76], с. VII).

Из-за войны утверждение законопроекта затянулось почти на год. В июне 1940 года все формальности были, наконец, закончены и вновь основанный Институт высших исследований начал свою деятельность в двух отведенных под него жилых зданиях на Меррион-Сквер. Поскольку создание Института и прежде всего

отделения теоретической физики было в значительной мере связано с деятельностью Шредингера, он был назначен его первым директором. Благодаря этому Шредингер оказался в положении, наиболее благоприятном для ученого такого ранга: не имея плановой учебной и исследовательской нагрузки, он получил прекрасные условия для ведения научной работы. В кругу коллег его положение нередко называли шутя должностью «штатного гения». Кроме Шредингера в институте работали также один «старший профессор», один-два профессора-ассистента и десять-пятнадцать исследователей-стипендиатов. Последние были по преимуществу молодыми физиками, имевшими возможность, работая в течение одного или двух лет вместе со Шредингером, развивать его научные идеи. Здесь были ученые со всех концов света: китаец Х. В. Пенг, индус С. Н. Гупта, американец М. Дж. Клейн, итальянец Б. Бертотти, англичанин Ф. Пирани, чех М. Брджичка, грек А. Папапетру (впоследствии профессор университета им. Гумбольдта в Берлине), и конечно, несколько соотечественников Шредингера, а также ряд ирландских ученых: О. Хиттмэйр, Ф. Маутнер, В. Тирринг, Дж. Синг, Дж. Мак-Коннел. В качестве профессоров в Дублине работали Вальтер Гайтлер, Лайош Яноши, Корнелий Ланцош.

Деятельность института концентрировалась главным образом на исследовательской работе; раз в неделю проводился семинар, на котором обсуждались актуальные научные вопросы. Разумеется, в ходе дискуссий к Шредингеру постоянно обращались за помощью и советом. Подобный стиль работы, конечно, нес на себе отпечаток личности Шредингера; кстати говоря, и сам он черпал для себя гораздо больше из личных контактов с коллегами, чем из книг. «Мне всегда было трудно учиться по книгам», — признавался он в своей нобелевской речи ([27], с. 87). Читался и курс лекций для заинтересованных профессоров и студентов: в Дублине помимо Института высших исследований существовали два университета и Королевская ирландская академия. Начало этой доброй традиции Шредингер положил сразу по переезде в Ирландию. Вопрос об учреждении института еще решался в парламенте, а Шредингер уже выступал в этих заведениях с лекциями по квантовой теории и другим проблемам.



Рис. 10. Летняя школа в Дублине, 1945 год. Слева направо сидят: Яноши, Борн, де Брюн, Дирак, де Валера, Конвей, Шредингер, Мак-Коннел, Гайтлер.

«Неподражаемым умением пользоваться доской и блестящим мастерством лектора профессор Шредингер восхищал, просвещал и вдохновлял слушателей во время своих выступлений в Дублине» ([76], с. IX).

Не только на весь Дублин, но и на весь мир прославилась так называемая летняя школа Дублинского института. На этот недельный симпозиум каждое лето собирались ученые из Англии и других европейских стран, чтобы в непринужденной обстановке обсудить наиболее актуальные проблемы физики. В центре этих «увлекательных и оживленных дискуссий» стоял обычно какой-нибудь один конкретный вопрос; школа устраивалась регулярно даже во время войны. Работа начиналась с обзорного доклада по избранному вопросу, который делал ученый с признанным авторитетом в этой области. Постоянными участниками этих плодотворных конференций были Макс Борн и Поль Дирак; среди других знаменитостей гостями института были Вольфганг Паули, Артур Стенли Эддингтон, Рудольф Пайерлс, Сесиль Фрэнк Пауэлл, Леопольд Инфельд. Последний вспоминал, что нередко в дискуссиях в качестве вольнослушателя принимал участие ирландский премьер — уникальное занятие для политического деятеля нашего столетия! ([90], с. 147).

Прошло совсем немного лет, и Дублин из непризнанной научной провинции вышел в признанные центры физической науки. Разумеется, это случилось не только благодаря проводимым здесь школам, симпозиумам, курсам повышения квалификации и т. п., но и благодаря осуществляемым здесь фундаментальным научным исследованиям. Достаточно посмотреть на список публикаций Эрвина Шредингера, роль которого как духовного вождя в этом развитии трудно переоценить, чтобы сразу убедиться в том, что Дублин знаменует «вторую весну» в его научном творчестве. Даже без волновой механики, открывшей новую эпоху в физике, полученных им результатов с лихвой хватило бы, чтобы обеспечить ему почетное место в истории науки. В особенности это касается двух разделов, которыми он занимался в этот период: теории гравитации и области, лежащей на стыке физики и биологии.

В то время когда большинство физиков напряженно разрабатывали квантовую теорию и смежные вопросы, Шредингер направил свои усилия на решение проблемы, к которой подступались немногие, — теории гравитации. И здесь он вновь оказался вместе с Альбертом Эйнштейном, вторую половину своей жизни посвятившим работе над этим сложнейшим кругом проблем. Эта задача не была новой для Шредингера: еще в начале своей научной деятельности он интересовался общей теорией относительности и опубликовал две небольшие работы [6, 7]. В раннем творчестве Шредингера эти две статьи стоят особняком; лишь после личных контактов с Эйнштейном в Берлине вопросы теории гравитации стали все больше и больше привлекать его внимание. Опубликованную в Докладах Берлинской академии в 1932 году статью «Электрон Дирака в поле силы тяжести» [25] можно рассматривать как программу дальнейших исследований Шредингера в данной области. В этой статье он пытался описать поведение материального поля в искривленном пространстве-времени и таким образом проложить путь к релятивистской формулировке квантовой теории — в отличие от нерелятивистской по своей сути волновой механики.

Лишь в 40-е годы, в самой благоприятной для научной работы обстановке Дублинского института Шредингер смог отойти от суматохи последних лет

и глубоко проанализировать сложный круг проблем теории гравитации. Результатом интенсивнейшей работы над этим разделом стали две монографии и два десятка статей.

Наряду с работами по объединению теории относительности с квантовой теорией одним из важных направлений работы Шредингера в этот период были его попытки придать физический смысл математическому формализму общей теории относительности. В этом отношении Шредингер является одним из пионеров-первопроходцев: до него работы по общей теории относительности в большинстве случаев имели формально-математическую направленность. В отличие от многих своих современников Шредингер рассматривал физическую сущность искривленного пространства-времени, а не только чисто математические аспекты его геометрической структуры. Разумеется, отправной точкой в этих его работах была геометрия пространства, однако он не ограничивался анализом геометрических свойств четырехмерного пространства, а шел дальше. Оправданность такого подхода подтверждается в наши дни бурно развивающейся релятивистской астрофизикой и космологией. Его книга «Расширяющаяся Вселенная», вышедшая в 1956 г., может в известном смысле рассматриваться как суммарное изложение его исследований в этой области и содержит ряд результатов для космологической модели де Ситтера, не потерявших своего значения и сейчас. Интересно, что еще в 1939 году Шредингер указывал, что модель расширяющейся Вселенной (именно, модель де Ситтера) должна предполагать спонтанное рождение материи из «вакуума» [29]. Эта гипотеза оказалась в центре исследований в области общей теории относительности лишь в самое последнее время; проницательность Шредингера тем более поразительна, что в тот период квантовая теория поля делала лишь самые первые шаги.

К этим исследованиям, обрисованным здесь лишь вкратце, добавилась в 1942 г. работа над созданием единой теории поля. О расширении общей теории относительности до теории, объединяющей теорию гравитации с электродинамикой, Шредингер задумывался уже много лет и принадлежал к тем немногим физикам, которые верили в успех эйнштейновской программы единой теории поля. Хотя эти работы Шредин-

гера привлекли к себе внимание в ученых кругах, положительный результат, как известно, так и не был достигнут. Ни Эйнштейн, ни Шредингер не смогли пробраться сквозь дебри математических сложностей, и их результаты остались в основном на уровне не поддающихся проверке умозаключений. Публикации по этим вопросам служат лишь памятником «борьбы» физики с математикой и сегодня представляют, пожалуй, лишь исторический интерес. Дж. Синг, тогдашний коллега Шредингера, вспоминал в этой связи:

«Хотя он (Шредингер) очень связно излагал свою единую теорию поля, я не обманывался на этот счет, вероятно, потому, что теория, насколько я видел, была чисто формальной и лишенной геометрического содержания. Он вполне откровенно говорил о недостатках своей теории и через некоторое время отказался от нее. Он был человеком, который хотел охватить всё, и я подозреваю, что в соревновании с Эйнштейном он вряд ли стремился к получению каких-либо иных результатов в единой теории поля, кроме сложных формул, которые были интересны сами по себе» ([75], с. 15).

В то время как работы Шредингера по теории гравитации и единой теории поля были доступны лишь для весьма ограниченных кругов физиков, в другой области своей деятельности, лежащей на стыке физики и биологии, он мог рассчитывать на широкий интерес. Результаты этих исследований Шредингер изложил в небольшой книжечке «Что такое жизнь», основой для которой послужили публичные лекции, прочитанные им в 1943/44 г. В этой книге поражает не только ее глубокое содержание, но и сам факт, что, занимаясь сложнейшими задачами математической физики, Шредингер нашел силы и возможности работать и в совершенно другой области знания и выдвинуть здесь ряд фундаментальных идей. Нужны ли другие доказательства разносторонности интересов и выдающейся интеллектуальной подвижности личности Шредингера?!

В своей книге Шредингер затронул проблемы, интересовавшие человечество с древних времен, и попытался прояснить их с точки зрения физики:

«Как физика и химия смогут объяснить те явления в пространстве и времени, которые происходят внутри живого организма?» ([34], с. 10).

К этим проблемам его внимание привлекли работы Макса Дельбрюка, к которому он начал относиться

с уважением еще в Берлине, где тот работал с Лизой Мейтнер, и который затем, находясь в США, сыграл важную роль в создании современной молекулярной биологии [83]. Дельбрюк разработал модель гена, основанную на предположении о квантовой природе элементарного процесса передачи наследственных признаков и объяснявшую устойчивость и изменчивость молекулярных сил. Шредингер попытался обобщить эти идеи и распространить их на живую клетку, ключевую роль в деятельности которой как раз и играют гены. Одновременно с этим рассматривался вопрос о тесной связи биологических (мутация, отбор) и физических (квантовые скачки) фундаментальных явлений. В частности, Шредингер хотел количественно описать хорошо известные биологам мутации и найти формулы для определения относительных частот различных видов мутаций.

Хотя книга не давала окончательных ответов на все поставленные вопросы, заслуга Шредингера уже в том, что он познакомил «широкие круги читателей с только-только зарождающейся новой эпохой в биологических исследованиях» ([83], с. 13), чем сослужил большую службу современной молекулярной биологии. Шредингеровский подход к фундаментальным вопросам биологии оказал влияние на целое поколение физиков и биологов, проложивших совместными силами путь к сегодняшним огромным успехам в области молекулярной биологии. Для Фрэнсиса Крика, одного из первооткрывателей двойной спиральной структуры ДНК, знакомство с этой книгой послужило толчком к тому, чтобы отойти от занятий «чистой» физикой и увлечься вопросами молекулярной биологии ([101], с. 24).

Несмотря на довольно поверхностное представление о биологии — Шредингер ни в коем случае не был специалистом в этой области и в его книге не были отражены последние достижения науки о живом, — он сумел поставить вопросы на таком уровне общности, что перед любым заинтересованным исследователем открывался весь спектр важнейших задач биологии.

Научно-историческое значение книги Шредингера состоит, однако, не только в ее «просветительской» ценности, но и в том, что многие развитые в ней идеи «физического подхода» к живым организмам не поте-

ряли своего значения и сегодня (речь идет, конечно, не о физическом редукционизме, а о том, что и живая материя подчиняется строгим физико-химическим закономерностям).

Особого внимания заслуживают две из высказанных Шредингером концепций. В своей книге Шредингер дал одно из первых представлений о термодинамике открытых систем и показал, что в открытых системах могут происходить процессы самоорганизации и самовоспроизведения. Поскольку в биологических объектах мы имеем дело именно с открытыми термодинамическими системами, подобная идея указывала на возможность нового подхода к вопросу о причинах и механизмах биологической эволюции. Таким образом, столь успешно развиваемая сегодня теория образования структур в биологических системах восходит к идеям, высказанным Шредингером еще в середине сороковых годов.

Концепция аperiodического кристалла, предложенная Шредингером, также сыграла важную роль в биологии: она используется в формулировке принципа хранения генетического кода. Шредингер полагал, что «ген или, возможно, целая хромосомная нить представляет собой аperiodическое твердое тело» ([34], с. 97), и заметил при этом, что в подобной структуре очень удобно зашифровывать генетическую информацию:

«Хорошо упорядоченная ассоциация атомов, наделенная достаточной устойчивостью для длительного сохранения своей упорядоченности, представляется единственно мыслимой материальной структурой, в которой разнообразие возможных («изомерных») комбинаций достаточно велико, чтобы заключать в себе сложную систему «детерминаций» в пределах минимального пространства» ([34], с. 98).

На простом числовом примере он поясняет, что уже при небольшом количестве элементарных «кирпичиков» можно получить почти неограниченное число возможных расположений.

«Этим мы хотели проиллюстрировать, что, представив ген в виде молекулы, мы не можем считать немислимым точное соответствие миниатюрного шифровального кода чрезвычайно сложному специфическому плану развития организма. Мы не можем также считать немислимым и содержание в нем факторов, реализующих этот план» ([34], с. 99).

Хотя Шредингер не мог указать ни вид генной молекулы, ни из чего она состоит (для этого потребо-

An den

Herrn Dekan der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen
Fakultät

der Universität Berlin.

24. Juni 1947.

Bahies, Haderslebenstrasse 9.

Hochverehrter Herr Dekan!

Ich muss sehr um Entschuldigung bitten, dass ich auf
Ihr freundliches Schreiben vom 8. März d.J. (Tgh. Nr. 75/47),
für welches ich Ihnen bestens danke, erst so verspätet antworte.

Die Jahre an der Berliner Universität gehören zu den
glücklichsten meines Lebens. Die Möglichkeit einer Rückkehr
dorthin, wenn auch bloss als Emeritus, behalte ich dauernd im
Auge. Dass man darüber hinaus daran denkt, sich zu reaktivieren,
war mir eine grosse Freude, als ich es zuerst aus einem sehr
liebenwürdigen Schreiben des Herrn Rektors vom 10. Juni 1946
erfuhr. Dennoch muss ich für eine solche Entscheidung eine
klare und fassbare der Verhältnisse abwarten.

Mitten in den Jahren, in denen die Arbeitskraft eines
Wissenschaftlers sich zu intensiver und normaler Weise un-
gestörter Tätigkeit zu entfalten pflegt, bin ich durch die un-
günstigen Zeitläufte zweimal aus der Bahn geworfen worden, als ich
1933 Deutschland und wieder 1938 Österreich verliess, um sich
der Despotie zu entziehen. Es war beide Male fluchtartig, das
zweite Mal nur mit einem Handkoffer, all meine damalige Habe
zurücklassend dort, wo sie sich noch heute befindet, soweit sie
nicht inzwischen geplündert wurde. - Ich führe dies an, um zu
begründen, dass ich eine dritte Verpflanzung nur in völlig ge-
klärte und gesicherte Verhältnisse unternehmen könnte. erneuer-
ter Kampf mit noch widrigen Umständen würde zu viel von ver-
bleibendem Rest meiner Kraft aufzehren.

Einen vorläufigen Besuch für ein Semester standen in die-
sem Jahr der geringe stand unseres Lehrkörpers und begonnene
Vorlesungskurse entgegen. Ihr freundlicher Vorschlag in dieser
Richtung ist aber auch sonst nicht ganz durchzuführen.
Die Kosten meines hiesigen Haushalts vermindern sich nur wenig,
wenn ich auf drei oder vier Monate fort bin. Andererseits kann ich
nicht erwarten, dass man mir in diesem Fall mein Gehalt einfach

(2)

DUBLIN INSTITUTE FOR ADVANCED STUDIES

SCHOOL OF THEORETICAL PHYSICS

64-5 MARLBOROUGH SQUARE

DUBLIN

weiter bezahlt.

Vorläufig muss ich mir am Fortbestehen meiner ideellen
Zugehörigkeit zu Ihrer Universität genügen lassen. In dem
oben erwähnten Schreiben des Rektorates (v. 10.6.1946) war
gesagt, dass allen an der erneuerten Universität bestätigten
Mitgliedern des Lehrkörpers eine gedruckte Urkunde hierüber
ausgestellt werden wird, und dass mir eine solche zugehen
wird. Ich habe sie noch nicht erhalten und würde mich in der
Tat sehr darüber freuen.

mit verbindlichsten kollegialen Grüssen

Ihr sehr ergebener

E. Schrödinger
(E. Schrödinger)

Рис. 11. Письмо Шредингера декану Берлинского университета от
24 июня 1947 года.

вались десятилетия экспериментальных и теоретических исследований), основной принцип хранения генетической информации, на который ориентировались все эти исследования, был ясно сформулирован и физически обоснован в книге Шредингера.

В тишине и покое своего Дублинского института Шредингер вновь обрел возможность творить с высочайшей отдачей. Дублин поэтому стал для него родным городом не только как для человека, но и как для ученого. Неудивительно поэтому, что после разгрома фашизма все попытки уговорить Шредингера вернуться назад неизменно оканчивались неудачей. Слишком велик казался ему риск отказаться от предоставленных ему в Дублине условий жизни и работы и вернуться в опустошенную войной Европу.

Всего через несколько месяцев после окончания войны Шредингера попытались заинтересовать профессорской должностью на родине. Это предложение было передано ему через зятя тогдашнего президента Австрии д-ра Карла Реннера. Хотя Шредингер дал понять, что в принципе он «готов со всей серьезностью обдумать этот вопрос», в существующих обстоятельствах он не мог дать определенного ответа.

То же самое произошло и тогда, когда весной 1947 г. Шредингера пригласили вернуться в Берлинский университет. В своем ответе Шредингер вежливо отклонил это приглашение.

И в последующие годы Шредингер держался своего решения не покидать Дублин. Хотя он несколько раз вместе с женой навестил свою любимую Вену, а университет в Инсбруке в 1950 г. сумел уговорить его поработать там в качестве приглашенного профессора, окончательного возвращения выдающегося ученого его родине пришлось ждать еще больше десяти лет. Только после того как политические и экономические проблемы Австрии были решены в результате подписания Государственного договора, Шредингер собрался вернуться в родные края. Восемнадцать лет провел Шредингер на чужбине, и годы в Дублине он потом вспоминал как «очень, очень хорошее время».

«При других обстоятельствах я так никогда бы и не узнал и не полюбил этот прекрасный остров — Ирландию. Даже представить себе не могу, что было бы, если бы я провел вместо этого семнадцать лет в Граце» ([58], с. 191).

Снова на родине

«Лауреат Нобелевской премии доктор Эрвин Шредингер после 17-летнего отсутствия возвращается в Вену», — под таким заголовком «Wiener Zeitung» 5 апреля 1956 года сообщила на первой полосе о приезде знаменитого ученого. То, что это событие привлекло столь большое внимание австрийской общественности (венское радио в тот же день передало интервью с ученым), еще раз показывает, насколько высока была репутация Шредингера, еще более возросшая за годы эмиграции. Понятно, почему после первых отказов не прекращались попытки убедить знаменитого ученого вернуться на родину. В середине пятидесятых годов, сразу после подписания Государственного договора и вывода из Австрии союзных оккупационных войск, в переговорах со Шредингером наступил решающий момент.

После того как от него было получено принципиальное согласие, комиссия, созданная деканом философского факультета в июне 1955 года, внесла пред-



Рис. 12. Эрвин Шредингер в своем рабочем кабинете (1956).

ложение предоставить Шредингеру персональную должность ординарного профессора теоретической физики венского университета; официальное решение было утверждено президентом республики 18 января 1956 года. Для Шредингера это стало важнейшим событием — теперь он не только мог спокойно вернуться на родину, но и исполнить свою давнюю юношескую мечту: стать преемником своих знаменитых учителей Людвига Больцмана и Фрица Газенорля.

«Он до конца дней был благодарен австрийскому правительству за то, что оно сделало возможным для него, тогда уже 69-летнего, возвращение туда, где он начал свою научную работу: в Физический институт Венского университета» ([41], с. 146).

В двадцатых числах марта Шредингер покинул Ирландию и, сделав короткие остановки в Лондоне и Инсбруке, прибыл в Вену в пасхальные дни. А уже через несколько дней после приезда, в 12 часов 13 апреля 1956 года он начал свою вступительную лекцию в Венском университете. Она называлась «Кризис атомных представлений». Первая лекция вылилась в настоящий праздник, на котором присутствовали многие знаменитости, в том числе и президент Австрии.

Два года проработал Шредингер на своей новой должности. В это время он уделял особое внимание молодым ученым и читал для них лекции на такие темы, как общая теория относительности или теория расширяющейся Вселенной. Эти годы были, правда, омрачены частыми болезнями, отрывавшими Шредингера от чтения лекций, однако и во время болезни он устраивал небольшие коллоквиумы у себя на квартире. В 1957 г. Шредингер вышел вставку, но покинул университет окончательно лишь после того, как проработал здесь еще один год, так называемый «год почета».

«...Итак, моя научная карьера закончилась там же, где и началась, — в моем любимом Физическом институте» ([58], с. 191).

С самого начала своей научной деятельности Эрвин Шредингер мечтал о том, чтобы

«добросовестно развивать теоретическую физику... но, кроме этого, заниматься и философией. В ту пору я глубоко погружался в труды Спинозы, Шопенгауэра, Маха, Рихарда Земона и Рихарда Авенариуса» ([40], с. 8).

Однако это стремление смогло по-настоящему осуществиться лишь в конце научной карьеры Шредингера, когда он не был обременен ни научными, ни преподавательскими обязанностями. Начиная с середины сороковых годов, Шредингер опубликовал ряд в высшей степени оригинальных монографий и статей, в которых он обращался к гносеологическим, философским и мировоззренческим вопросам физической науки, а также сформулировал свою точку зрения по философским вопросам более общего плана. Такие его труды, как «Естественные науки и гуманизм» (1951), «Природа и греки» (1954), «Дух и материя» (1958), «Мое мировоззрение» (1961) убедительно доказывают, что Эрвин Шредингер был не только выдающимся физиком, но и незаурядным философом. Философия и специальные области научных знаний были для него взаимосвязанными и неразделимыми частями единого целого, и физические исследования он полагал наряду с другими методами познания средством для удовлетворения своих философских интересов.

Для Эрвина Шредингера, глубоко впитавшего идеалы буржуазного гуманизма, характерно то, что в центре его философских рассуждений оказывалась античная система философских представлений. Именно с ней были непосредственно связаны его искания и именно здесь он находил все новые и новые источники вдохновения. Важную роль в этой ретроспекции к античной философской традиции сыграла его книга «Природа и греки», в основу которой лег курс лекций, прочитанный Шредингером в 1948 году в Лондонском университетском колледже. В этой книге автор не только дает интересное историко-философское введение в древнегреческую философию, но и с большим знанием дела разбирает вопрос о том, каким образом исторически (но не всегда логично!) сложились некоторые из современных естественнонаучных путей познания. Не последнее место в мыслях Шредингера занимала в этой связи дискуссия по поводу теоретико-познавательных основ квантовой теории. Он писал: «Складывается впечатление, что развитие естественных наук сдерживается глубоко укоренившимися привычными представлениями, одни из которых уже удалось выявить, другие же ускользают от нашего внимания... Современный кризис фундаментальных наук указывает на то, что их основные положения нуждаются в глубоком пересмотре.

Это также должно служить для нас стимулом, чтобы обратиться к серьезному изучению идейного наследия Древней Греции. Мы не только можем надеяться... отыскать утерянные крупницы мудрости, но и попытаемся обнаружить давние заблуждения у самого их источника, где их легче распознать. Искренне попытавшись поставить себя на интеллектуальный уровень античных мудрецов, которые были намного меньше нас искушены в понимании истинных законов природы, но нередко были и более свободны от предрассудков, мы могли бы обогатить себя свойственной им непосредственностью мышления и благодаря этому, вооружившись нашим сегодняшним знанием, избавиться от их ошибок, которые по сей день мешают нам» ([38], с. 37).

Еще одной важной причиной для обращения к античному наследию было единство античной науки: Шредингер как ни один ученый нашего столетия не одобрял современного дробления науки на отдельные дисциплины. В этой связи он писал:

«Огорчительно видеть, как человечество идет к одной и той же цели двумя различными и извилистыми путями, надев шоры и отграничившись стенами... Это печальное зрелище, достойное сожаления уже потому, что границы достижимого оказываются намного уже, чем могли бы быть, когда все имеющиеся духовные силы были бы без предрассудков объединены... Древнегреческая философия [привлекает нас] потому, что греки, как никто в мире ни до них, ни после, сумели воздвигнуть совершенное и гармоничное здание мысли и знания, избежав рокового раскола, который мешал нам на протяжении столетий, а сегодня становится невыносимым» ([38], с. 25).

Стремление к «единому», для обоснования которого Шредингер обращался не только к греческой, но и к китайской и индийской философии, было важнейшей отличительной чертой его научного мышления. Руководствуясь этой идеей, интерпретируемой в плане учения о тождестве различных сфер сознания, ученый порой переходил на позиции идеализма. Так, он пытался распространить это единство на науку и религию, а также на область человеческого мышления и человеческого общества. Характерна его попытка дать естественнонаучное обоснование этики путем переноса закономерностей биологической эволюции на человеческое общество.

Но какую бы важную роль ни играли эти тенденции в мировоззрении Шредингера, как физик он придерживался материалистических взглядов, и во время борьбы с позитивизмом не оставлял позиций естественнонаучного материализма. Особенно отчетливо это прослеживается в его экскурсах в теорию научного познания, где он рассматривал внешний мир как объ-

ективно существующую реальность, отвергал замаскированный эмпиризм и признавал модельный характер нашего знания. В этой связи можно процитировать его письмо к Эйнштейну:

«Представление о действительном существовании мира основывается на далеко идущей общности опыта многих индивидуумов, пожалуй, даже всех индивидуумов, находящихся в одинаковой или схожей ситуации по отношению к соответствующему объекту» ([72], с. 34).

В своем докладе в 1952 г. он выразился еще определеннее:

«Широко распространено ученое мнение, что объективную картину мира, как ее понимали прежде, вообще получить невозможно. Только оптимисты среди нас (к которым я причисляю и себя) считают, что это — философская экзальтация, признак малодушия перед лицом кризиса» ([41], с. 102).

Сходная антипозитивистская позиция проявляется и в том, как он рассматривает процесс познания:

«Конечно, результаты пусть и очень многих экспериментальных исследований — это лишь исходный материал, сам по себе не дающий физической картины мира... Мы чувствуем настоятельную потребность мысленно обобщить и обогатить то, что мы непосредственно наблюдаем, дать наблюдаемому такое содержательное представление, которое было бы способно не только вобрать в себя существующие сегодня результаты измерений, но и предсказать все будущее, вообще все мыслимые опыты. Так, постепенно возникает картина мира, которая устраивает нас постольку, поскольку она верно предсказывает результаты наших будущих опытов» ([41], с. 21).

Подавляющее большинство философских высказываний Шредингера связано с проблемой причинности и детерминизма. Объяснение нужно искать не только в том, что этот круг вопросов стоял в центре дискуссий в эпоху «кризиса физики», но и в том, что его внимание к этим проблемам еще прежде привлек его учитель Франц Экснер. Эти проблемы были затронуты уже в его вступительной лекции в Цюрихе, и высказанные им положения в полной мере отражают диалектику случайного и необходимого:

«В последние четыре — пять десятилетий физическая наука ясно показала, что по крайней мере для подавляющего большинства процессов, регулярность и неизменность которых привели нас к постулированию всеобщих принципов причинности, общей причиной наблюдаемой строгой закономерности является одно и то же: случай» ([41], с. 10).

Шредингер признавал, что строгие причинно-следственные связи существуют и в микромире, хотя считал, что прежние детерминистические представления нуждаются в модификации. Но в возможность «чудесных» нарушений законов природы Шредингер никогда не верил.

Говоря о философской позиции Шредингера как о материалистической, содержащей даже элементы диалектики, мы, разумеется, не можем назвать его диалектическим материалистом: он просто игнорировал диалектико-материалистическую философию, и в его сочинениях мы не найдем ни похвальных, ни критических отзывов о ней.

Упомянем, наконец, еще об одном интересном аспекте философских воззрений Шредингера. Шредингер, которому было чуждо научное сектантство, высказывал мысли о целях и средствах научных исследований еще тогда, когда подобные проблемы редко попадали в поле зрения буржуазной науки. В докладе, сделанном в Берлинской академии в 1932 г. и названном им «Зависит ли наука от общества?», он исследовал связь научного прогресса с состоянием современного общества и пытался описать ее с помощью таких понятий, как «дух времени», «культура как целое», «социальная среда». Этот круг проблем он затрагивал и позднее, снова и снова указывая на то, что научное познание не должно быть самоцелью:

«Наряду с таким неуважением к историческим узам существует и тенденция забывать, что все естественные науки связаны с общечеловеческой культурой и что научные открытия, даже кажущиеся в данный момент наиболее передовыми и доступными пониманию немногих избранных, все же бессмысленны вне своего культурного контекста. Та теоретическая наука, которая не признает, что ее построения, актуальнейшие и важнейшие, служат в итоге для включения в концепции, предназначенные для надежного усвоения образованной прослойкой общества и превращения в органическую часть общей картины мира, теоретическая наука, повторяю, представители которой внушают друг другу идеи на языке, в лучшем случае понятном лишь малой группе близких попутчиков, такая наука непременно оторвется от остальной человеческой культуры... в перспективе она обречена на бессилие и паралич, сколько бы ни продолжался и как бы упрямо ни поддерживался этот стиль для избранных, в пределах этих изолированных групп специалистов» ([35], с. 233).

Знаменитый ученый, член многих научных обществ, почетный доктор ряда университетов провел последние годы жизни в относительном уединении в живописной



Рис. 13. Эрвин Шредингер при вручении ему ордена «За заслуги».

альпийской деревне Альпбах. Последние годы были омрачены болезнями, которые отрывали его от работы, а весной 1957 г. даже приковали его к постели. Вскоре после выздоровления он написал своему университетскому коллеге, что он должен теперь во всем себя ограничивать, так как

«...хотел бы пожить еще немного, тем более что жизнь здесь, в Австрии, доставляет теперь куда больше радости, чем где бы то ни было».

Судьбой ему было отпущено еще три года; 4 января 1961 года Эрвин Шредингер скончался в венской больнице. В Альпбахе, среди своих любимых тирольских гор, он обрел последний покой. Надпись на его надгробии гласит:

Эрвин Шредингер
12.VIII.1887 — 4.I.1961
Да покоится в мире

Так завершилась большая жизнь Эрвина Шредингера, одного из крупнейших физиков нашего столетия. Но в заключение этого очерка мы хотим вспомнить его еще раз не как ученого, а как поэта и художника ([42], с. 11):

Притча

Всё, что в жизни нашей, друг,
Мы важнейшим почитали —
Будь то радости исток
Или же предмет печали;
Наши помыслы, свершенья —
В них, поверь, не меньше вздора,
Чем в случайных отклоненьях
Стрелки хитрого прибора:
Тайны нет здесь ни одной —
Лишь молекул бег шальной.
И, вникая в суть событий,
Ты не сделаешь открытий.
Не в восторгах, не в страданиях
Высший смысл существования.
Разве лишь вселенский гений
В опытах тысячекратных
Мог добиться результатов...
Нам-то что за утешенье?

Хронология

- 1887 12 августа Эрвин Шредингер родился в Вене
- 1898—1906 Обучение в престижной Академической гимназии в Вене.
- 1906 Начало учебы в Венском университете, где его учителями по физике были Франц Экснер и Фриц Газенорль, а по математике — Вильгельм Виртингер
- 1910 Защита докторской диссертации
- 1911—1920 Ассистент Экснера во Втором физическом институте Венского университета
- 1914 Приват-доцент
- 1914—1918 Военная служба на «тихом участке» южного австрийского фронта
- 1916 Изучение работ Эйнштейна по общей теории относительности
- 1920 Брак с Аннемари Бертель
- 1920 Доцент кафедры теоретической физики и ассистент Макса Вина в Йенском университете
- 1920—1921 Профессор в Штутгарте и Бреслау (ныне Вроцлав)
- 1921—1927 Профессор теоретической физики в Цюрихском университете
- 1925—1926 Работы по волновой механике
- 1926 Весной в «Annalen der Physik» публикуются фундаментальные работы по волновой механике, содержащие знаменитое «уравнение Шредингера»
- 1927—1933 Преемник Макса Планка на посту заведующего кафедрой теоретической физики Берлинского университета
- 1929 Избрание в Берлинскую академию наук
- 1933 Добровольная эмиграция. Профессор колледжа св. Магдалины в Оксфорде
- 1933 Нобелевская премия по физике (совместно с П. А. М. Дираком)
- 1936 Возвращение на родину. Профессор физики в Граце
- 1938 Аншлюс Австрии гитлеровской Германией. Увольнение со службы и отъезд за границу
- 1938—1939 Пребывание в Италии, Швейцарии, Англии, Бельгии
- 1939 Шредингер возглавил специально созданный для него Институт высших исследований в Дублине
- 1944 Публикация книги «Что такое жизнь»
- 1949 Выход в свет сборника стихов “Gedichte”
- 1954 «Природа и греки»
- 1956 Возвращение в Австрию на персональную должность профессора Венского университета
- 1957 Выход в отставку. Шредингер поселился в своем доме в Альпбахе (Тироль)
- 1961 4 января Шредингер скончался в Вене

А. Библиография избранных трудов Эрвина Шредингера

1. Die Leitung der Elektrizität auf der Oberfläche von Isolatoren an feuchter Luft. Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften Wien, 1910. Abt. 2a, 119, S. 1215—1223.
2. Zur kinetischen Theorie des Magnetismus (Einfluss der Leitungselektronen). Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften Wien, **121**, (1912) 1305—1329.
3. Dielektrizität. In: Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus (L. Grätz). Leipzig, 1914.
4. Die Ergebnisse der neueren Forschung über Atom- und Molekularwärme. Naturwissenschaften, **5** (1917), 537—543; 561—566.
5. Zur Theorie des Debyeeffektes. Physikalische Zeitschrift, **15** (1914), 497—504.
6. Die Energiekomponenten des Gravitationsfeldes. Physikalische Zeitschrift, **19** (1918), 4—7. [Имеется перевод: Шредингер Э. Компоненты энергии гравитационного поля. — В кн.: Эйнштейновский сборник. 1980—1981. — М.: Наука, 1985, с. 204—210.]
7. Ein Lösungssystem der allgemeinen kovarianten Gravitationsgleichungen. Physikalische Zeitschrift, **19** (1918) 20—23.
8. Grundlinien einer Theorie der Farbenmetrik im Tagessehen. Annalen der Physik, **63** (1920), 397—456; 481—520. [Имеется перевод: Шредингер Э. Основные принципы метрики цветов в дневном свете. — В кн.: Шредингер Э. Новые пути в физике. — М.: Наука, 1971, с. 135—192 (в русском переводе имеется только первая часть статьи).]
9. Versuch zur modellmässigen Deutung des Terms der scharfen Nebenserien. Zeitschrift für Physik, **4** (1921), 347—355.
10. Eine bemerkenswerte Eigenschaft der Quantenbahnen eines einzelnen Elektrons. Zeitschrift für Physik, **12** (1922), 13—24. [Имеется перевод: Шредингер Э. Избранные труды по квантовой механике. — М.: Наука, 1976, с. 161—171.]
11. Bohrs neue Strahlenhypothese und der Energiesatz. Naturwissenschaften, **12** (1924), 720—724.
12. Ursprung der Empfindlichkeitskurve des Auges. Naturwissenschaften, **12** (1924), 925—929.
13. Gasentartung und freie Weglänge. Physikalische Zeitschrift, **25** (1924), 41—45.
14. Verhältnis der Vierfarben- zur Dreifarbentheorie. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften Wien, **134** (1925).
15. Bemerkungen über die statistische Entropiefunktion beim idealen Gas. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, 1925, 434—442.
16. Die Energiestufen des idealen einatomigen Gasmodells. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, 1926, 23—37.

17. Quantisierung als Eigenwertproblem. *Annalen der Physik*, **79** (1926), 361—376; **80** (1926), 437—491; **81** (1926), 109—140 (см. [10], с. 75—138).
18. Über das Verhältnis der Heisenberg-Born-Jordanschen Quantenmechanik zu der meinen. *Annalen der Physik*, **79** (1926), 734—757 (см. [10], с. 56—74).
19. Der stetige Übergang von der Mikro- zur Makromechanik. *Naturwissenschaften*, **14** (1926), 664—666 (см. [10], с. 51—55).
20. Zur Einsteinschen Gastheorie. *Physikalische Zeitschrift*, **27** (1926), 95—101 (см. [10], с. 172—182).
21. Die Gesichtsempfindungen. In: Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik, Bd. II, 1. Braunschweig, 1926.
22. Abhandlungen zur Wellenmechanik. Leipzig, 1927 (см. [10], с. 9—160).
23. Adresse an Herrn Planck zum 50. Doktorjubiläum. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, 1929.
24. Über Indeterminismus in der Physik. Ist die Naturwissenschaft milieubedingt? Leipzig, 1932.
25. Diracsches Elektron im Schwerfeld. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, 1932, 105—128.
26. Warum sind die Atome so klein? *Forschungen und Fortschritte*, **9** (1933), 125—126.
27. Grundgedanke der Wellenmechanik (Nobel-Vortrag); Autobiografie. In: Les Prix Nobel 1933. Stockholm, 1935 (см. [10], с. 229—238).
28. Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik. *Naturwissenschaften*, **23** (1935), 807—812; 823—828; 844—849 (см. [8], с. 66—106).
29. The proper vibration of the expanding Universe. *Physica*, **6** (1939), 899—912.
30. Statistical thermodynamics. Cambridge, 1946. [Имеется перевод: Шредингер Э. Статистическая термодинамика. — М.: ИЛ, 1948.]
31. Die Besonderheiten des Weltbildes der Naturwissenschaften. *Acta Physica Austriaca*, **1** (1948), 201—245.
32. 2400 Jahre Quantentheorie. *Annalen der Physik*, **3** (1948), 43—48 (см. [10], с. 254—260).
33. *Naturwissenschaft und Humanismus*. Wien, 1951.
34. Was ist Leben. Bern, 1951. [Имеется перевод: Шредингер Э. — Что такое жизнь? С точки зрения физика. 2-е изд. — М.: Атомиздат, 1972.]
35. Are there quantum jumps? *British Journal of Philosophical Science*, **3** (1952), 233—242 (см. [10], с. 261—284).
36. Шредингер Э. Структура пространства-времени. — М.: 1987 (готовится к печати).
37. *Expanding Universe*. Cambridge, 1956.
38. *Die Natur und die Griechen*. Hamburg, 1956.
39. *Geist und Materie*. Braunschweig, 1958.
40. *Meine Weltansicht*. Wien, 1961.
41. *Was ist ein Naturgesetz*. München, 1962.
42. *Gedichte*. Bonn, 1949.

Б. Биографии, некрологи, работы, посвященные жизни и творчеству Эрвина Шредингера

43. *M. Born*. Erwin Schrödinger. *Physikalische Blätter*, **17** (1961), 85—87 (см. [8], с. 383—386).

44. *P. A. M. Dirac*. Erwin Schrödinger. Nature, **189** (1961), 355—356 (см. [8], с. 387—389).
45. *R. Erckmann*. Erwin Schrödinger. Via Regia München, 1955, 370—385
46. *L. Flamm*. Erwin Schrödinger. Forschungen und Fortschritte, **35** (1961), 250—251.
47. *W. Glaser*. Erwin Schrödinger 70 Jahre. Physikalische Blätter, **13** (1957), 373—374.
48. *E. Fues*. Erwin Schrödinger zum Gedenken. Naturwissenschaften, **48** (1961), 393—394.
49. *W. Heisenberg*. Erwin Schrödinger. Jahrbuch der Bayrischen Akademie der Wissenschaften, 1961, 27—35.
50. *H. Thirring*. Erwin Schrödinger zum 60. Geburtstag. Acta Physica Austriaca, **1** (1947), 105—109.
51. *A. Papapetrou*. Nachruf auf Erwin Schrödinger. Jahrbuch der Deutschen Akademie der Wissenschaften, 1963, 202.
52. *W. Bordel*. Zum philosophischen Standort von Erwin Schrödinger. Dissertation Berlin, 1978.
53. *W. Buchheim*. Die Schrödingersche Wellenmechanik als Beitrag zum quantenphysikalischen Naturverständnis. Nova Acta Leopoldina N. F. Nr. 239, Bd. 52, Halle, 1980.
54. *J. Gerber*. Geschichte der Wellenmechanik. Archive for History of Exact Sciences, **5** (1969), 349—416.
55. *P. Hanle*. Indeterminacy before Heisenberg; The case of Franz Exner and Erwin Schrödinger. Historical Studies in the Physical Sciences, **10** (1979), 225—269.
56. *P. Hanle*. The coming of age of Erwin Schrödinger: His quantum statistics of ideal gases. Archive for History of Exact Sciences, **17** (1977), 165—192.
57. *P. Hanle*. The Schrödinger-Einstein correspondence and the sources of wave mechanics. American Journal of Physics, **47** (1979), 644—648.
58. *A. Hermann* (Hrsg.) Die Wellenmechanik. Dokumente der Naturwissenschaft, Bd. 3. Stuttgart, 1963.
59. *A. Hermann* Erwin Schrödinger. Dictionary of Scientific Biography. Vol. XII, New York, 1975, 217—223.
60. *F. Herneck*. Bahnbrecher des Atomzeitalters. Berlin, 1970. [Имеется перевод: Гернек Ф. Пионеры атомного века. — М.: Прогресс, 1974.]
61. *D. Hoffmann*. Erwin Schrödinger. Physik in der Schule, **15** (1977), 456—460.
62. *H. Kragh*. On the history of early wave mechanics. Tekster fra Roskilde Universitetscenter Nr. 23/1979.
63. *H. Kragh*. Schrödingers Notebooks and the birth of wave mechanics. Proceedings of the 16th International Congress of the History of Science. Vol. A, 146, Bucharest, 1981.
64. *F. Kubli*. Louis de Broglie und die Entdeckung der Materiewellen. Archive for History of Exact Sciences, **7** (1970), 26—80.
65. *B. Lange*. Erwin Schrödinger. In: Materialien zum Kolloquium «Erwin Schrödinger und die Entwicklung wissenschaftlicher Denkstile». Institut für Wissenschaftstheorie der DAW, Berlin, 1971.
66. *G. Ludwig* (Hrsg.). Wellenmechanik. Berlin, 1970.
67. *J. A. D. Matthew*. Erwin Schrödinger 1887—1961. Physics Education, **10** (1975), 357—360.
68. *D. Morawski*. Bemerkungen zu Erwin Schrödingers Auffassungen

vom Naturgesetz. Wissenschaftliche Zeitschrift der Ernst-Moritz-Arndt Universität XX (1971), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe Nr. 3, 171.

69. *R. Olby*. Schrödingers problem: "What is life?" Journal of the History of Biology, 4 (1971), 119—148.
70. *H. Paul*. Die Schrödingersche Begründung der Quantenmechanik. Wissenschaft und Fortschritt, 22 (1972), 344—346.
71. *M. Planck*. Rezension der "Abhandlungen zur Wellenmechanik". Deutsche Literaturzeitung, 1928, 58—61.
72. *K. Przibram (Hrsg.)*. Briefe zur Wellenmechanik. Wien, 1963 (см. [10], с. 301—338).
73. *V. Raman, P. Forman*. Why was it Schrödinger who developed de Broglie's ideas? Historical Studies in the Physical Sciences, 1 (1969), 291—314.
74. *W. T. Scott*. Erwin Schrödinger. Amherst, 1967.
75. *R. Sexl*. Schrödinger's contribution to relativity. In: W. Thirring, P. Urban (Hrsg.), 50 Years Schrödinger Equation. Acta Physica Austriaca. Suppl. XVII (1977).
76. Fifteen year report: School of theoretical physics. Dublin Institute for Advanced Studies. Dublin, 1961.

В. Архивы, переписка

77. Archiv der Friedrich-Schiller Universität Jena. M628, BL. 145: 194.
78. Archiv der Humboldt-Universität Berlin. Personalia Schrödinger, Bl. 20.
79. Archiv der Humboldt-Universität zu Berlin. Personalia Schrödinger, Bl. 48.
80. Archiv der Akademie der Wissenschaften der DDR. Akte 100/359, Bl. 473/48.
81. *Brief V. F. Weisskopf* an den Autor (30.4.1979).

Г. Другая литература, использованная в работе над книгой

82. *M. Born*. Mein Leben. München, 1975. [Имеется перевод: *Борн М.* Моя жизнь и взгляды. — М.: Прогресс, 1973.]
83. *J. Cairns, G. Stent, J. D. Watson*. Phasen und die Entwicklung der Molekularbiologie. Berlin, 1972.
84. *A. Einstein/M. Born*. Briefwechsel. Hamburg, 1969. [Имеется перевод: Переписка А. Эйнштейна и М. Борна. — В кн.: Эйнштейновский сборник. 1971. — М.: Наука, 1972, с. 7—54; Эйнштейновский сборник. 1972. — М.: Наука, 1974, с. 7—103.]
85. *A. Einstein/A. Sommerfeld*. Briefwechsel. Stuttgart, 1968. [Имеется перевод: Из переписки А. Зоммерфельда с А. Эйнштейном. — В кн.: *Зоммерфельд А.* Пути познания в физике. — М.: Наука, 1973, с. 191—246.]
86. *A. Einstein*. Quantentheorie des einatomigen Gases. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, 1925, 3—14. [Имеется перевод в книге: *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов, т. III. — М.: Наука, 1966, с. 489—502.]
87. *W. Heisenberg*. Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. Zeitschriften für Physik, 33 (1925), 172—198. [Имеется перевод: *Гейзенберг В.* О наглядном

содержании квантово-теоретической кинематики и механики. — УФН, 1977, т. 122, вып. 4, с. 651—671.]

88. *W. Heisenberg*. Der Teil und das Ganze. München, 1972 [перевод готовится к изданию].
89. *A. Hermann*. Die Jahrhundertwissenschaft. Stuttgart, 1977.
90. *L. Infeld*. Leben mit Einstein. Wien, 1969. [Имеется перевод: *Инфельд Л.* Мои воспоминания об Эйнштейне. — В кн.: Эйнштейн и современная физика. — М.: ГИТТЛ, 1956, с. 197—260.]
91. *Иоффе А. Ф.* Встречи с физиками. — Л.: Наука, 1983, 2-е изд.
92. *Chr. Kirsten, H. J. Treder* (Hrsg.). Physiker über Physiker I. Berlin, 1975.
93. *Chr. Kirsten, H. J. Treder* (Hrsg.). Physiker über Physiker II. Berlin, 1979.
94. *Th. S. Kuhn et al.* Sources for History of Quantum Physics. Philadelphia, 1967.
95. *J. Mehra*. The Solvay Conferences on physics. Dodrecht, 1975.
96. *W. Pauli*. Wissenschaftlicher Briefwechsel Bd. 1. Berlin, Heidelberg, New York, 1979.
97. *R. Rompe, H. J. Treder*. Über Physik. Berlin, 1979.
98. *U. Röseberg*. Quantenmechanik und Philosophie. Berlin, 1978.
99. *H. Vogel*. Zum philosophischen Wirken Max Plancks. Berlin, 1961.
100. *H. Vogel*. Physik und Philosophie bei Max Born. Berlin, 1968.
101. *J. D. Watson*. Die Doppel-Helix. Hamburg, 1969.
102. *A. Sommerfeld*. Atombau und Spektrallinien II. Braunschweig, 1929. [Имеется перевод 2-го издания: *Зоммерфельд А.* Строение атома и спектры, т. 2. — М.: ИЛ, 1956.]
103. *Louis de Broglie und die Physiker*. Hamburg, 1955.
104. *F. Hund*. Geschichte der Quantentheorie. Mannheim, 1975. [Имеется перевод: *Хунд Ф.* История квантовой теории. — Киев: Наукова думка, 1980.]
105. *W. Elsasser*. Memoirs of a physicist in the atomic age. New York, Bristol, 1978.

Дополнительная литература¹⁾

106. *B. Bertotti*. The later work of E. Schrödinger. — Stud. Hist. Phil. Sci., 1985, v. 16, p. 83—100.
107. *K. von Meyenn*. Gespensterfeld und Materienwellen: Schrödingers Hang zur Anschaulichkeit. — Phys. Blätter, 1984, Bd. 40, H. 4, S. 89—94.

¹⁾ Добавлено в русском издании по просьбе автора. — Прим. ред.

Именной указатель

- Авенариус Рихард** (Avenarius Richard, 1843—1896) 79
- Бауэр Александр** (Bauer Alexander, 1836—1921) 13
- Беркли Джордж** (Berkeley George, 1684—1753) 68
- Бертотти Б.** (Bertotti B.) 69
- Бозе Шатьендранат** (Bose Satyandra Nath, 1894—1974) 35
- Больцман Людвиг** (Boltzmann Ludwig, 1844—1906) 14, 15, 34, 79
- Бор Нильс** (Bohr Niels, 1885—1962) 19, 20, 39, 47, 48, 56
- Борн Макс** (Born Max, 1882—1970) 34, 38, 39, 48, 49, 51, 59, 60, 63, 70
- Брджичка М.** (Brdicka M.) 69
- Бройль Луи де** (Broglie Louis de, 1892) 35, 49
- Вайскопф Виктор** (Weiskopf Victor F., 1908) 58
- Валера Имон де** (Valera Eamon de, 1882—1975) 65, 66, 68
- Варбург Эмиль** (Warburg Emil, 1846—1931) 57
- Вейль Герман** (Weyl Hermann, 1885—1955) 32, 41, 52
- Вин Вилли** (Wien Willy, 1864—1928) 40, 46
- Вин Макс** (Wien Max, 1866—1938) 28, 29
- Гайтлер Вальтер** (Heitler Walter, 1904—1981) 69
- Газенорль Фриц** (Hasenörl Fritz, 1874—1915) 15, 16, 27, 41, 79
- Гамильтон Уильям** (Hamilton William Rowan, 1805—1865) 41, 68
- Ган Отто** (Hahn Otto, 1879—1968) 30, 32
- Гейзенберг Вернер** (Heisenberg Werner, 1901—1976) 22, 38, 47, 51, 63
- Гельмгольц Герман фон** (Helmholtz Hermann von, 1821—1894) 22, 28
- Герц Густав** (Hertz Gustav, 1887—1975) 30
- Гесс Виктор** (Hess Victor, 1883—1964) 15
- Гиббс Джозайя** (Gibbs Josiah Willard, 1839—1903) 34
- Грец Лео** (Grätz Leo, 1856—1941) 19
- Грильпарцер Франц** (Grillparzer Franz, 1791—1872) 14
- Гупта С.** (Gupta S.) 69
- Дебай Петер** (Debye Peter, 1884—1966) 19, 32, 34, 41, 52
- Дельбрюк Макс** (Delbrück Max, 1906—1981) 73, 74
- Дирак Поль** (Dirac Paul Adrien Maurice, 1902—1984) 62, 70
- Земон Рихард** (Semon Richard, 1859—1918) 79
- Зоммерфельд Арнольд** (Sommerfeld Arnold, 1868—1951) 15, 19, 27, 39, 41, 51, 52
- Инфельд Леопольд** (Infeld Leopold, 1898—1968) 70

Иордан Паскуаль (Jordan Pascual, 1902—1981) 38

Иоффе А. Ф. 51

Кирхгоф Густав (Kirchhoff Gustav, 1824—1887) 57

Клаузиус Рольф (Clausius Rolf, 1822—1888) 34

Клейн М. (Klein M.) 69

Кольрауш Карл (Kohlrausch Karl Wilhelm Friedrich, 1884—1953) 15, 22, 39

Крик Фрэнсис (Crick Francis, 1916) 74

Курти Николас (Kürti Nicholas, 1908) 63

Ладенбург Рудольф (Ladenburg Rudolf, 1882—1952) 31

Ланцош Корнелий (Lanczos Cornelius) 69

Лауэ Макс фон (Laue Max von, 1879—1960) 31, 49, 52, 55, 57, 59, 61

Ленц Вильгельм (Lenz Wilhelm) 29

Линдеман (лорд Черуэлл) (Lindemann Frederick, Lord Cherwell, 1886—1957) 61

Лосмидт Йозеф (Loschmidt Josef, 1821—1895) 14

Люммер Отто (Lummer Otto, 1860—1925) 31

Мак-Коннел Джеймс (McConnell James, 1915) 69

Максвелл Джеймс (Maxwell James Clerk, 1831—1879) 22, 34

Маутнер Ф. (Mautner F.) 69
Мах Эрнст (Mach Ernst, 1838—1916) 79

Мейер Стефан (Meyer Stefan, 1872—1949) 15

Мейтнер Лиза (Meitner Lise, 1878—1968) 30, 52, 53, 74

Нернст Вальтер (Nernst Walther, 1864—1941) 52, 57, 61

Пайерлс Рудольф (Peierls Rudolf, 1907) 70

Папаметру Ахиллес (Papapetrou Achilles) 69

Паули Вольфганг (Pauli Wolfgang, 1900—1958) 32, 33, 43, 45, 46, 70

Пауэлл Сесиль (Powell Cecil Frank, 1903—1969) 70

Пашен Фридрих (Paschen Friedrich, 1865—1947) 57

Пенг Х. (Peng H.) 69

Пирани Ф. (Pirani F.) 69

Планк Макс (Planck Max, 1853—1947) 27, 34, 45, 49, 51, 52, 53, 55, 57

Райхе Фриц (Reiche Fritz) 31
Регенер Эрих (Regener Erich, 1881—1955) 30

Резерфорд Эрнест (Rutherford Ernest, 1871—1937) 64

Рейхенбах Ганс (Reichenbach Hans, 1891—1953) 30

Реннер Карл (Renner Karl, 1870—1950) 77

Ромпе Роберт (Rompe Robert) 66

Рунге Ирис (Runge Iris) 41

Саймон Франц (Simon Franz, 1893—1956) 63

Синг Джон (Synge John, 1897) 69, 73

Ситтер Виллем де (Sitter Willem de, 1872—1934) 72

Смолуховский Мариан фон (Smoluchowski Marian von, 1872—1917) 15

Сольвей Эрнест (Solvay Ernest, 1838—1922) 55

Спиноза Барух (Spinoza Baruch,
1632—1677) 79

Стефан Йозеф (Stefan Josef,
1835—1893) 14

Стокс Джордж (Stokes George
Gabriel, 1819—1903) 68

Тирринг Ханс (Thirring Hans,
1888—1976) 16, 19, 64

Тредер Ханс-Юрген (Treder
Hans-Jürgen, 1928) 66

Фитцджеральд Джордж (Fitz-
gerald George Francis, 1851—
1901) 68

Франк Джеймс (Franck James,
1882—1864) 61

Хабер Фриц (Haber Fritz,
1868—1934) 52

Хиттмэйр Отто (Hittmair Otto,
1924) 69

Чернавин В. 64

Швейдлер Эгон фон (Schweidler
Egon von, 1873—1948) 15, 17

Шеррер Пауль (Scherrer Paul,
1890—1970) 32

Шиллер Фридрих (Schiller Fried-
rich, 1759—1805) 14

Шопенгауэр Артур (Schopen-
hauer Arthur, 1788—1860) 79

Шредингер (ур. Бертель) Анне-
мари (Schrödinger-Bertel An-
nemarie) 18, 19, 65

Шредингер Рудольф (Schrödin-
ger Rudolf) 13

Эддингтон Артур (Eddington
Arthur Stanley, 1882—1944)
70

Эйкен Рудольф (Eucken Rudolf,
1846—1926) 30

Эйнштейн Альберт (Einstein Al-
bert, 1879—1955) 15, 16, 19,
27, 31, 32, 34, 35, 36, 38, 45, 49,
52, 53, 54, 55, 56, 61, 64, 68, 71,
73, 82

Экснер Франц (Exner Franz,
1849—1926) 15, 17, 22, 39, 49,
82

Эренгафт Фриц (Ehrenhaft
Fritz, 1879—1952) 15

Эренфест Пауль (Ehrenfest Paul,
1880—1933) 56

Юнг Томас (Young Thomas,
1773—1829) 22

Яноши Лайош (Janossy Lajos,
1912) 69

Содержание

Предисловие редакторов перевода	5
Предисловие	11
Детство и юность	13
Первые шаги ученого: ассистент, доцент, профессор	18
В Цюрихе	32
Волновая механика	37
«Прекрасные годы, когда я учил и учился» в Берлине	51
В изгнании	60
«Штатный гений» в Дублине	68
Снова на родине	78
Хронология	86
Литература	87
Именной указатель	92

Уважаемый читатель!

Ваши замечания о содержании книги, ее оформлении, качестве перевода и другие просим присылать по адресу:

129820, Москва, ГСП,
1-й Рижский пер., д. 2,
издательство «Мир».

Научно-популярное издание

В книге использованы фотографии
из архивных документов.

Дитер Хоффман

ЭРВИН ШРЕДИНГЕР

Ст. научный редактор В. И. Самсонова
Мл. редактор И. А. Зиновьева
Художник С. Н. Болоболов
Художественный редактор К. В. Радченко
Технический редактор Е. В. Алехина
Корректор С. А. Денисова

ИБ № 6033

Сдано в набор 14.11.86. Подписано к печати 06.05.87. Формат 84 × 108¹/₃₂.
Бумага книжн.-журн. Печать высокая. Гарнитура литературная. Объем
1,50 бум. л. Усл. печ. л. 5,04. Усл. кр.-отт. 5,47. Уч.-изд. л. 5,71.
Изд. № 2/4644. Тираж 30 000 экз. Зак. 1656. Цена 30 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»

129820, ГСП, Москва, 1-й Рижский пер., 2

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном
комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.