

Российская академия наук
Санкт-Петербургский академический университет –
научно-образовательный центр нанотехнологий
(Академический университет)

Лекции в Академическом университете

Том 2

Ю. В. ТРУШИН

**ОЧЕРКИ ИСТОРИИ ФИЗИКИ
ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XX века**

Часть I

**СТАНОВЛЕНИЕ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ –
ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ**

*Допущено научно-методическим советом по физике
Министерства образования и науки РФ
в качестве учебного пособия по физике
для студентов технических вузов*



*Санкт-Петербург
Издательство
Академического университета
2012*

УДК 53(075)

ББК В3я7

Т80

Трушин Ю. В.

Т80 Очерки истории физики первой половины XX века. Ч. I: Становление квантовой механики – основы современной физики: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Академ. ун-та, 2012. 324 с.

ISBN 978-5-906433-02-2

В первой части учебного пособия по истории физики первой половины XX века для магистрантов и аспирантов по специальности «Физика» в доступной форме на основе лекций, читаемых в Академическом университете, предпринята попытка рассказать словами самих выдающихся физиков, участников событий в начале XX века, при создании квантовой механики об их сомнениях и догадках, а также о самых важных разрешённых ими проблемах физики. Прошедший промежуток времени уже достаточно велик, чтобы можно было оценить значение отдельных линий развития физики. Особенно важно, по мнению автора, обратить внимание молодых начинающих физиков – студентов, аспирантов – на те принципиальные трудности построения нового квантового мировоззрения в науке, с которыми в начале XX века столкнулись их сверстники, достойно преодолев возникавшие барьеры и создав непротиворечивое здание современной физики. Именно знание таких примеров преодоления трудностей пытливыми молодыми умами кажется очень важным, чтобы современные молодые физики могли, пользуясь опытом выдающихся учёных, двигаться дальше по пути научного прогресса.

УДК 53(075)

ББК В3я7

ISBN 978-5-906433-02-2

© Трушин Ю. В., 2012

© Санкт-Петербургский академический университет – научно-образовательный центр нанотехнологий (Академический университет)

ПРЕДИСЛОВИЕ к серии *«Лекции в Академическом университете»*

Предлагаемая читателю серия книг *«Лекции в Академическом университете»* представляет собой учебные пособия по различным разделам физики и нанотехнологий. Материалы пособий – это лекции ведущих профессоров университета, читаемые в Академическом университете в основном при магистерской и аспирантской подготовке физиков по направлениям «Физика твёрдого тела», «Техническая физика», «Электроника и микроэлектроника», «Прикладные математика и физика», «Физика биологических систем и биоинформатика», также пособия частично включают материалы бакалаврской подготовки. Все лекционные материалы допущены научно-методическим советом по физике Министерства образования и науки РФ в качестве учебных пособий по физике для студентов технических вузов.

Санкт-Петербургский Академический университет – научно-образовательный центр нанотехнологий Российской академии наук (Академический университет) создан для непрерывной подготовки физиков, математиков, химиков, биологов, начиная со школы (Центр общего образования – Лицей «Физико-техническая школа»), а далее – специализированная магистерская и аспирантская подготовка (Центр высшего образования) и, наконец, научная работа (Центр нанотехнологий). Поэтому профессорско-преподавательский состав кафедр университета формируется из активных научных сотрудников, имеющих опыт работы как в научных институтах (например, Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН, Институт аналитического приборостроения РАН, Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН, Институт цитологии РАН, НИИ онкологии им. проф. Н. Н. Петрова Минздравсоцразвития РФ), так и в ведущих университетах (Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова и др.). Издаваемые лекционные материалы профессоров Академического университета представляют собой современное изложение различных разделов физики и нанотехнологий и рекомендованы Учёным советом университета для издания Редакционно-издательскому совету Академического университета.

Первый том «Полупроводниковая революция» – это сборник лекций, прочитанных в разные годы в Академическом университете ректором, академиком Ж. И. Алфёровым сначала в Лектории университета, а потом как ректорские лекции в начале учебного года.

Идея создания Лектория при Научно-образовательном центре Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе РАН (каковым был тогда нынешний Академический университет) вызревала у академика Ж. И. Алфёрова постепенно и целенаправленно. Сначала Жорес Иванович сумел найти время в своём очень напряжённом рабочем графике, чтобы прочитать курс из 10 лекций для учащихся Лицея «Физико-техническая школа». В актовЫй зал Физтеха каждую неделю приходили лицеисты, и начиналось живое изложение современной физики простым и понятным для школьников языком. А ведь в это время академик Ж. И. Алфёров был не только вице-президентом РАН, председателем Санкт-Петербургского научного центра РАН, депутатом Государственной думы РФ, но и директором знаменитого Физтеха! И свободного времени у него не было, но только не для молодёжи – будущих физиков.

В июне 1999 года на первом заседании Учёного совета (тогда Научно-образовательного центра ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН) в числе других основополагающих вопросов жизнедеятельности недавно созданного подразделения Ж. И. Алфёров высказал идею создания Лектория для школьников и студентов. Причём не только для учащихся Лицея «Физико-техническая школа», студентов физико-технического факультета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета и кафедры оптоэлектроники Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета, но и для молодёжи из других образовательных и научных организаций. Сразу было сказано, что лекции в Лектории будут читать крупные учёные, деятели культуры. Только лишь благодаря самому Жоресу Ивановичу, его активности, жизнелюбию, заботе о том, чтобы начались личные контакты молодых будущих учёных, которых готовили как в стенах Научно-образовательного центра ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН, так и в Академическом университете, с крупными незаурядными личностями науки и культуры, стало возможным проведение регулярных (два раза в месяц) научно-популярных лекций практически по всем направлениям не только физики, но и естественно-научных и гуманитарных наук. Несмотря на свою непомерную занятость, в течение более 10 лет работы Лектория Ж. И. Алфёров никогда не забывал поговорить со своими коллегами о Лектории и предложить им выступить с лекцией. Лекторий начал работу осенью 1999 года, когда под одной крышей Научно-образовательного центра собрались учащиеся Лицея «Физико-техническая школа» и студенты Санкт-Петербургских государственных политехнического и электротехнического университетов. Лекциями академика Ж. И. Алфёрова открывались учебные года и семестры в Академическом университете.

Многие крупные физики XX века, лауреаты Нобелевской премии, выступали в различных институтах и на конференциях с воспоминаниями и популярными лекциями об истории физики. Часть этих материалов опубликована: это книги Луи де Бройля, Нильса Бора, Вернера Гейзенберга, Поля Дирака,

Макса Планка, Альберта Эйнштейна. Но ни один нобелевский лауреат не читал регулярные научно-популярные лекции для молодёжи. Поэтому учебное пособие «Полупроводниковая революция» Ж. И. Алфёрова является само по себе уникальным наследием одного из крупнейших физиков.

Первая лекция в Лектории была прочитана академиком Ж. И. Алфёровым 15 октября 1999 года и называлась «Прощание с XX веком». С неё началась и регулярная работа Лектория. Именно эта лекция и открывает сборник. Лекция, прочитанная 12 сентября 2011 года, как ректорская лекция под названием «Микроэлектроника и фотоника – революция в науке и обществе» завершает лекции академика Ж. И. Алфёрова в этом учебном пособии.

Второй том серии «*Лекции в Академическом университете*» – это первая часть лекций заслуженного деятеля науки РФ, доктора физико-математических наук, профессора Ю. В. Трушина по истории физики под названием «Очерки истории физики первой половины XX века. Часть I. Становление квантовой механики – основы современной физики». В пособии предпринята попытка рассказать словами самих физиков, участников триумфального, но очень трудного процесса создания квантовой механики и ядерной физики, об их сомнениях и догадках, а также о самых важных разрешённых ими проблемах физики. Прошедший промежуток времени уже достаточно велик, чтобы оценить значение отдельных линий развития физики. Особенно важно обратить внимание молодых начинающих физиков – студентов, аспирантов – на те принципиальные трудности построения нового квантового мировоззрения в науке, с которыми в начале XX века столкнулись их сверстники, достойно преодолев возникавшие барьеры и создав непротиворечивое здание современной физики. Именно знание таких примеров преодоления трудностей пытливыми молодыми умами кажется очень важным, чтобы современные молодые физики могли, пользуясь опытом выдающихся учёных, двигаться дальше по пути научного прогресса.

Третий том серии «*Лекции в Академическом университете*» – это лекции чл.-кор. РАН М. В. Дубины под названием «Нанобиотехнологии в физиологии и медицине», открывающие дверь в новую интереснейшую область науки XXI века, которая ещё таит в себе неисчерпаемое множество открытий, а развитие нанобиотехнологий невозможно представить без вовлечения в медико-биологические и физиологические исследования молодых учёных, обучающихся по специальностям «Физика», «Химия», «Математика» и «Информационные технологии».

Четвёртый том серии – учебное пособие профессора Ю. В. Трушина «*Физические основы материаловедения*». Пособие является переработанным и дополненным учебником «*Физическое материаловедение*», который был издан в 2000 г. в Санкт-Петербурге в издательстве «Наука», и предлагается для бакалавров и магистрантов, поскольку часть изложенного материала может использоваться при подготовке бакалавров, а часть – при дальней-

шей магистерской подготовке. Со времени выхода учебника «*Физическое материаловедение*» прошло более десяти лет. Курс лекций по физическому материаловедению для студентов бакалаврской и магистерской подготовки продолжает читаться в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете и, частично, в Академическом университете как составная часть по направлениям «Физика твёрдого тела», «Физика и технология наноструктур», «Физика конденсированного состояния». Количество студентов, которым необходимо учебное пособие по курсу, увеличивается, материал лекций расширяется, поэтому возникла необходимость в переиздании. Опыт чтения курса лекций показал, что нужно внести в текст учебного пособия для студентов некоторые дополнения. Написана глава по теории упругости (гл. 3), чтобы студенты имели под рукой основные выкладки. Оказалось необходимым несколько изменить последовательность глав; включить материал по применению твёрдых растворов в микроэлектронике (гл. 10, п. 10.4); изложить материалы по используемым компьютерным методам в физике твёрдого тела и в технологических процессах (гл. 14) и, по возможности, проиллюстрировать их.

В следующих томах серии «*Лекции в Академическом университете*» планируется издание лекций академика Р. А. Сурица по туннельным явлениям, чл.-кор. РАН А. Е. Жукова по основам полупроводниковых светоизлучающих приборов, заслуженного деятеля науки РФ, профессора Э. А. Троппа по асимптотическим методам в прикладной математике и математической физике, чл.-кор. РАН Е. Л. Ивченко по основам теории симметрии в физике твёрдого тела, профессора В. Г. Дубровского по теоретическим основам полупроводниковой нанотехнологии и др.

Редакционно-издательский совет Академического университета надеется, что лекции профессоров университета, являющихся известными исследователями в актуальных направлениях современной науки, издаваемые в серии «*Лекции в Академическом университете*», будут полезны не только студентам и аспирантам, но окажутся востребованными также и молодыми исследователями, работающими в смежных областях науки.

*Редакционно-издательский совет
Академического университета*

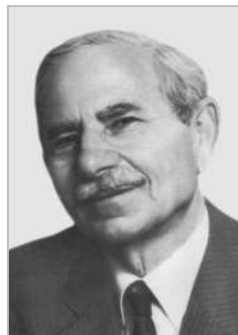
Санкт-Петербург, 2012 г.

Посвящаю будущим физикам –
школьникам, студентам и
аспирантам, начинающим самый
увлекательный путь в жизни –
путь в науку

ПРЕДИСЛОВИЕ к тому 2

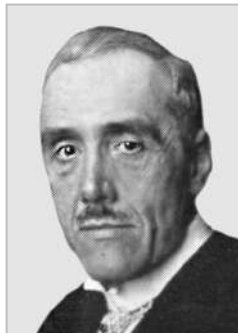
Становление современной физики в первой половине XX века – квантовой теории и физики ядра – можно считать крупнейшими шагами в познании природы, возможно, даже одними из важнейших этапов в истории разума. Квантовая физика принадлежит к тем разделам современной науки, для глубокого понимания которых особенно важно знать историю их развития. Возникновение и эволюция квантовых представлений, завершившиеся созданием квантовой теории и физики ядра, явились качественно новым этапом в исследовании природы. Квантовые представления сложились не сразу. Шёл противоречивый поиск правильных направлений развития физики. При анализе этого сложного процесса желательно ответить не только на вопрос *«Как это было?»*, но и на особенно существенный для истории науки вопрос *«Что это значило?»*.

В предлагаемой читателю книге предпринята попытка рассказать словами самих физиков, участников этих событий, об их сомнениях и догадках, а также о самых важных разрешённых ими проблемах физики: построении квантовой физики, создании физики атомного ядра и первом применении новых физических знаний, к сожалению, при создании атомных бомб. Прошедший промежуток времени уже достаточно велик, чтобы можно было оценить значение отдельных линий развития физики. Особенно важно, по мнению автора, обратить внимание молодых начинающих физиков – студентов, аспирантов – на те принципиальные трудности построения нового квантового мировоззрения в науке, с которыми в начале XX века столкнулись их сверстники, достойно преодолев возникавшие барьеры и создав непротиворечивое здание современной физики. Именно знание таких примеров преодоления трудностей пытливыми молодыми умами кажется мне очень важным, чтобы современные молодые физики могли, пользуясь опытом выдающихся учёных, двигаться дальше по пути научного прогресса. По этому поводу Анатолий Абрагам, начавший работать в физике как исследователь магнетизма в 1937 году, в своей автобиографии, вышедшей в 90-х годах прошлого века, написал: *«Никогда за весь XX век, который уже*



Анатолий Абрагам
(1914–2011 (97))

близится к концу, физика не шагала вперёд столь молниеносно, как во время его первой трети. Мне подумалось, что нашей молодёжи интересно увидеть, как выглядели титаны мысли, которые так решительно отрезали наше столетие от прошлого. Конечно, за следующие без малого шестьдесят лет появились новые гении, и физика продолжает шагать вперед, но лично мне кажется, что всё, что произошло после первой трети, несравнимо с первой гигантской флуктуацией».*



Луи де Бройль
(1892–1987 (95))
Ноб. пр. 1929 (37)

Один из великих физиков XX века Луи де Бройль говорил в своей лекции *«Польза и уроки истории наук»* 28 февраля 1956 года: *«История наук не может не интересовать учёных-естественников: учёный находит в ней многочисленные уроки, и, умудрённый своим собственным опытом, он может лучше, чем кто-либо другой, истолковать со знанием дела эти уроки».*

Время рождения и становления квантовой теории – это период развития физики, который на наших глазах ушёл в историю. Об этом периоде полезно вспомнить каждому, кто вступает в физику или уже давно в ней работает.

Луи де Бройль продолжал: *«Движущей причиной научно-исследовательской работы служит также и та „святая любознательность“, которую Эйнштейн рассматривал как первоисточник всех естественно-научных и технических достижений».*



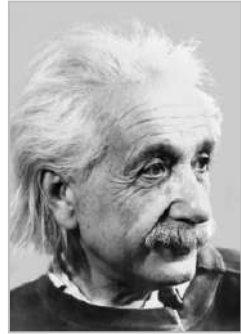
Поль Дирак
(1902–1984 (82))
Ноб. пр. 1933 (31)

Поль Дирак писал: *«Точка зрения историка науки на самом деле резко отличается от точки зрения физика-исследователя. Физик, если он что-то открыл, занимает обрётённые позиции и уже с них обозревает открывшиеся перед ним просторы».*

В списке литературы приведены в алфавитном порядке воспоминания и научно-популярные издания на русском языке, дающие возможность представить тот сложный клубок принципиальных проблем, который нужно было распутать физикам в первой половине XX века, чтобы понять в деталях поведение квантовых объектов природы. Автор старался указать основные издания, из которых можно почерпнуть *систематические сведения* об истории физики как науки, её состоянии в XX веке и объективные предпосылки для *«революции в физике»*, по словам Луи де Бройля.

* Высказывания учёных выделены курсивным жирным шрифтом.

Хочется привести слова Альберта Эйнштейна: *«Содержание науки можно постигать и анализировать, не вдаваясь в рассмотрение индивидуального развития её создателей. Но при таком односторонне-объективном изложении отдельные шаги иногда могут казаться случайными удачами. Понимание того, как стали возможными и даже необходимыми эти шаги, достигается лишь в том случае, если проследить за умственным развитием отдельных людей, содействовавших выполнению направления этих шагов».*



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

Во многих случаях трудные для понимания вопросы и проблемы могут становиться более понятными, если почувствовать эти трудности из воспоминаний самих творцов и исследователей. А также постараться понять их состояние, как простых научных работников, но очень целеустремлённых, несмотря на конкретные жизненные обстоятельства, о которых они сами или их биографы нам и рассказывают.

К сожалению, большинство из перечисленных в списке литературы русских книг и брошюр, изданных в 60–80-х годах XX века, не переиздавались позднее и в библиотеках имеются лишь в единичных экземплярах, что затрудняет пользование ими современными читателями.

Автор широко использует в своём изложении приведённые в списке материалы изданий, пытаясь собрать вместе полезные сведения, рассыпанные в разных книгах, для удобства читателя и лучшего представления о единстве науки, создаваемой учёными в разных странах мира. В книге не излагается курс квантовой механики, а лишь приводятся факты из жизни великих физиков, создавших современную квантовую физику, ставятся вопросы и показывается, как они были решены физиками. Цель автора – рассказать, *в каких условиях*, и показать, *как* физики прошлого века смогли преодолеть принципиальные фундаментальные трудности в познании природы. Очень хотелось бы, чтобы их пример целеустремлённости в науке помог молодым физикам сегодня.

Популяризатор науки XX века Фридрих Гернек, создавший прекрасное исследование-воспоминание *«Пионеры атомного века»*, писал о проблеме передачи научных знаний: *«Познание природы – это вечный процесс завоевания, и нет ни малейших оснований предполагать, что настанет день, когда этот процесс остановится. Новые поколения занимают уже подготовленные позиции. Фронт ушёл дальше вперёд, и не каждому дано сражаться в первых рядах».*



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)

Макс Борн, являвшийся выдающимся педагогом, подготовившим более 20 известных физиков XX века, из которых шестеро стали лауреатами Нобелевской премии, говорил: *«По-моему, задачу преподавания научных истин так, чтобы увлечь студентов и побудить их творчески мыслить, можно решить лишь на уровне искусства, подобного искусству романиста или даже драматурга. Это же требуется и для написания учебников. Наибольшее удовольствие доставляет обучение студентов и аспирантов, ведущих самостоятельную исследовательскую работу. Мне посчастливилось иметь среди таких студентов настоящих гениев. Как чудесно открыть в учениках талант и побудить этот талант к плодотворной работе».*



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

А Макс Планк, открывший в 1900 году квант действия, с чего началось развитие квантовой физики, писал: *«Я пришёл к мысли, что каким бы крупным учёным ты ни был, с определённого возраста появляются так называемые „слишком трудные понятия“, которые, может быть, и удастся применить, но которые нельзя понять до конца. Но, к счастью, люди умирают; через некоторое время все те, кто не смог осмыслить эти различные понятия, постепенно исчезают, и им на смену приходят новые люди».*

В подтверждение своей надежды, что труд по написанию этой книги не является напрасным делом, мне хочется привести ещё следующие слова Луи де Бройля из уже упомянутой его лекции: *«История наук показывает нам науку в процессе постоянного развития, науку, непрерывно перерабатывающую и пересматривающую накопленные знания и их истолкование; она показывает нам прошлое, которое, несмотря на многие недостатки, подготавливает настоящее».*

Альберт Эйнштейн писал по поводу выхода книги Макса фон Лауэ *«История физики»*: *«С большим восторгом читаю твою „Историю физики“, которая мастерски выделяет самое главное из массы второстепенного. Следует приветствовать, что человек, с таким глубоким пониманием прослеживающий линию развития, вырвал из рук филологов и торговцев от литературы изображение истории человеческого мышления и раскрыл её как великую драму, очищенную от пыли незначительных подробностей».*

В представляемой читателю книге *«Очерки истории физики первой половины XX века»* – первой её части *«Становление квантовой механики – основы современной физики»* – автор пытается показать физиков, внёсших наибольший и принципиальный вклад в квантовую механику. Во второй части *«Полупроводники и атомное ядро»* будет рассказано о физиках, способствовавших развитию физики нового класса веществ – полупроводников, и их коллегах, открывших деление ядер урана.

Несомненно, автору хотелось, чтобы книга была полезна молодым начинающим физикам, но была бы интересна и коллегам.

Автору приятно вспомнить, что в беседах с коллегами вначале родилась идея прочесть лекции магистрантам и аспирантам Академического университета, а затем и написать книгу. Эти обсуждения дали мне больше, чем я мог выразить в книге. Они позволили познакомиться с отношением современных учёных к великим предшественникам и дали возможность прикоснуться к удивительному, но трудному материалу истории физики. Беседы расширили мой собственный кругозор и восприятие личностей учёных, стимулировали работу над лекциями и книгой. Без такой помощи, без общения с коллегами, без активных обсуждений книга не могла получиться.

Конечно, решающим стимулом не только собрать материалы о выдающихся физиках XX века, но и осмыслить их с позиции сегодняшнего дня, сделать выводы для молодых физиков, для которых готовились лекции, а потом и книга, явилось то, что директор Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе РАН, а ныне ректор Академического университета, академик Ж. И. Алфёров стал в 2000 году лауреатом Нобелевской премии по физике.

Несомненно, работа с Ж. И. Алфёровым по созданию и функционированию Лектория в Академическом университете, которой автору посчастливилось заниматься с 1999 года, дала возможность общения с широким кругом учёных и деятелей культуры. Такое неформальное общение позволило осмысливать и излагать интереснейшие факты и материалы о деятельности учёных XX века. Лекторы нашего Лектория (всего прочитано более 150 лекций), с которыми автор имел счастье беседовать об истории науки или обсуждать отдельные вопросы по этой тематике – академики Е. М. Примаков, Н. П. Бехтерева, Б. П. Захарченя, Ю. В. Гуляев, А. Ю. Румянцев, Р. А. Сурис, Д. А. Варшалович, Ю. А. Осипьян, Ю. А. Трутнев, Е. П. Велихов, Б. Е. Черток, В. А. Черешнев, Ю. В. Наточин, А. Д. Ноздрачёв, С. Г. Инге-Вечтомов, Н. Л. Добрецов, В. Б. Бетелин, В. В. Окрепилов, члены-корреспонденты РАН К. В. Анохин, Б. А. Бабаян, профессора Р. П. Сейсян, С. П. Капица, В. П. Леонов, Ю. К. Чистов, В. А. Дергачёв, Е. В. Анисимов, – раскрыли мне многие аспекты функционирования науки и её истории. Автор благодарен всем своим собеседникам.

В первую очередь, конечно, мне хочется поблагодарить Ж. И. Алфёрова, который ещё в 90-х годах XX века рассказал мне очень живо и образно историю физики полупроводников, что, может быть, и послужило толчком для

более тщательного знакомства, а потом и изучения различных аспектов жизни и творчества великих физиков. На всех стадиях моей работы над материалами для книги беседы с Жоресом Ивановичем были важными,ободряющими и потрясающе интересными.

Автору повезло иметь таких собеседников и критиков, как академики Р. А. Сурис, Ю. В. Гуляев, А. Ю. Румянцев, члены-корреспонденты РАН С. В. Медведев, А. Е. Жуков, М. В. Дубина, Б. Н. Гощицкий. Всем большая благодарность за советы, критику и помощь, без которых книга не появилась бы. Автор благодарен проректорам Академического университета, кандидату физико-математических наук А. Л. Орбели и профессору Ю. А. Быстрову, которые постоянно поддерживали меня своими советами, когда не хватало времени и уверенности, что книга будет полезна.

Лекции для студентов и аспирантов Академического университета и книга об учёных, несомненно, должны быть иллюстрированы. Об этом ещё в пору моих устных рассказов об учёных заговорила бывшая долгие годы заведующей Лекторием Русского музея, автор многих книг по истории искусства, кандидат искусствоведения Э. В. Кузнецова, постоянно напоминавшая мне, что нужно обязательно написать книгу о великих физиках XX века и привести побольше фотографий. Конечно, автор очень благодарен за это. Благодарю за подбор иллюстраций к лекциям и книге моего научного сотрудника, кандидата физико-математических наук М. Н. Лубова и сотрудника Академического университета О. А. Пудова.

Благодарю Т. П. Жарких за помощь в сложное время, совпавшее с написанием книги.

Конечно, я благодарен моей жене за терпение, пока длилась работа над книгой.

Хочу поблагодарить мою дочь Наталью, которая на протяжении всей долгой работы по собиранию материалов для книги и её написанию поддерживала и помогала мне своим одобрением и советами.

*Заслуженный деятель науки Российской Федерации,
доктор физико-математических наук,
профессор*

Ю. В. ТРУШИН

Санкт-Петербург–Комарово–Берлин–Утрехт–Михайловская–Санкт-Петербург
2012 г.

Наука захватывает нас тогда, когда, заинтересовавшись жизнью великих исследователей, мы начинаем следить за историей их открытий.

Дж. К. Максвелл

ВВЕДЕНИЕ

ЭТАПЫ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XX века

Для чего люди изучают историю? Им хочется знать, что было, хочется понимать современность, видеть её движущие силы, а также иметь представление о том, что в отношениях можно изменить и что этого не заслуживает. Достаточно давно Диодор Сицилийский (90–30-е годы до н. э.) написал: *«История добывает для юности разум стариков»*. Для занятий историей науки имеются также и другие причины.

Науку, например квантовую теорию, изучают теперь по учебникам, привыкают к её понятиям, осваивают нужные приборы или методы вычислений и затем приходят к определённой схеме, в которой уже не сомневаются. Путь, позволяющий смягчить этот процесс, – обращение к конкретным событиям в истории науки. Может быть, физику как науку можно понять лучше, если знать трудности её становления? Представлять обстоятельства жизни и деятельности учёных?

Попробуем пойти таким путём в виде очерков о творцах физики начала XX века.

Механика XVII века заложила единую основу для понимания земных и небесных движений. С созданием в XIX веке электродинамики оказалось возможным рассмотреть с единых позиций свет, электрические и магнитные явления. С завершением разработки квантовой теории (к 30-м годам XX века) стало возможным говорить о единой фундаментальной теории простых явлений природы, которая охватывает процессы в атоме, затем в ядре, объясняет их свойства и тем самым объединяет теоретические основы физики и химии.

В истории науки проявляется и случайность:

– случайно Макс Планк (1858–1947 (89), Ноб. пр. 1918 (60))* узнал о точных измерениях в инфракрасной области спектра «из первых рук»;



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

* В дальнейшем в скобках после имени учёного указано: (дата рождения – дата смерти (возраст), Ноб. пр., год получения (в каком возрасте)), если премия по физике, то не указано. Список всех упомянутых учёных приведён в алфавитном порядке в Приложении.



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)



Эрнест Резерфорд
(1871–1937 (66))
Ноб. пр., хим. 1908 (37)

– случайно Нильс Бор (1885–1962 (77); Ноб. пр. 1922 (37)), работая в 1912 году у Эрнеста Резерфорда (1871–1937 (66), Ноб. пр., хим. 1908 (37)), узнал о серии спектральных линий Йогана Бальмера (1825–1898 (73)) через 12 лет после их открытия.

Но в истории науки реальные обстоятельства сильнее слепого случая. Так, среди эмпирических указаний на существование элементарного кванта действия наибольшая информация в то время была получена при изучении равновесного излучения. Тогдашний уровень развития экспериментальной техники явился при этом определяющим. Ведь точные измерения длин волн рентгеновского излучения стали возможными только после 1912 года. Историческое развитие квантовой теории также было связано со случайностями и возможностями экспериментальной проверки.

Обратимся к высказываниям о науке и о преодолении возникающих трудностей непосредственно самих учёных, которые оставили их в своих статьях, книгах, воспоминаниях. Постараемся и в дальнейшем пользоваться этими источниками для понимания многих вопросов, над которыми размышляли те, кого мы теперь называем великими физиками. Они сами помогут нам многое понять, потому что прошли этот путь и рассказали нам о нём.

Макс Планк, много размышлявший над своим открытием кванта действия, сказал: *«Теория и эксперимент связаны друг с другом, одно без другого остаётся бесплодным. Теории без экспериментов пусты, эксперименты без теории слепы. Поэтому оба, теория и эксперимент, требуют с одинаковой настоятельностью подобного же им внимания».*

Нильс Бор, посвятивший много времени и места в своих трудах осмыслению пути развития квантовой теории, писал: *«Развитие квантовой физики, которое в результате плодотворного сотрудничества целого поколения физиков столь углубило и расширило наши знания об атомных процессах и строении материи, представляет собой один из интереснейших периодов в истории физики. Каждый, кто был свидетелем этого развития, всё снова и снова вынужден был удивляться тому вдохновению и той принципиальности, которые привели Макса Планка к его основополагающему открытию».*

Вернер Гейзенберг (1901–1976 (75), Ноб. пр. 1932 (31)) много писал о физике и истории физики: *«История физики не есть только ряд последовательных экспериментальных открытий и наблюдений, к которым присоединяется их математическое описание, она есть также история понятий. Первой предпосылкой понимания феноменов является введение подходящих понятий. Только с помощью правильных понятий можем мы на самом деле знать, что мы наблюдаем».*

И далее: *«Революция в науке совершается путём минимальных изменений, путём сосредоточения всех усилий на решении заведомо нерешённой проблемы, действуя при этом весьма консервативно... Подлинно новую землю в науке можно открыть лишь тогда, когда в решающий момент Вы готовы покинуть ту точку, на которой покоилась прежняя наука, и в известном смысле совершить прыжок в пустоту».*

А Эрвин Шрёдингер (1887–1961 (74), Ноб. пр. 1932 (46)), создатель волновой механики, заметил: *«Естествоиспытатель должен быть способным удивляться и быть помешанным на догадках».*

А вот Альберт Эйнштейн (1879–1955 (76), Ноб. пр. 1921 (42)) сказал: *«Людей подводит память истории... Способность людей извлекать уроки из истории поразительно мала».*

Истоки квантовой теории

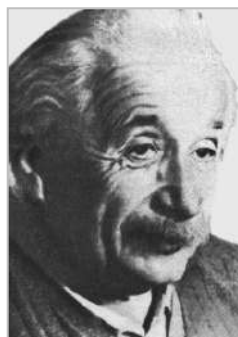
Итак, что же явилось тем толчком, который заставил лучших физиков начала XX века задуматься над фундаментальными проблемами своей науки? Что никак не укладывалось в хорошо развитые и устоявшиеся к концу XIX века принципы классической физики, теории электромагнитного поля, термодинамики и статистической физики? Ведь в это время общая картина теоретической физики характеризовалась двумя системами понятий – механики и электромагнитного поля. Делалось различие между *«физикой вещества»*, в которой действовали законы механики, и *«физикой эфира»*, для описания



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)



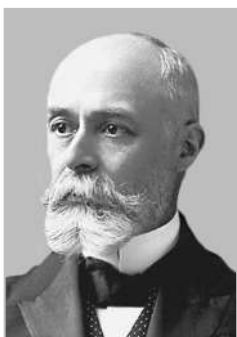
Эрвин Шрёдингер
(1887–1961 (74))
Ноб. пр. 1932 (46)



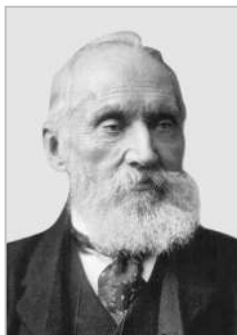
Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)



Конрад Вильгельм
Рёнтген
(1845–1923 (78))
Ноб. пр. 1901 (56)



Анри Беккерель
(1852–1908 (56))
Ноб. пр. 1903 (51)



Уильям Томсон
(лорд Кельвин)
(1824–1907 (83))

которой служила теория электромагнитного поля. В целом настроение физиков, и в ещё большей степени истолкователей и популяризаторов науки, было оптимистическим. Считалось, что в основном достигнуто понимание сущности физических явлений. Однако были заметны и облака, затемняющие ясную картину физики.

В 1892 году Филиппом Ленардом (1862–1947 (85); Ноб. пр. 1905 (43)) с помощью катодной трубки было исследовано прохождение катодных лучей через тонкие металлические пластинки. Осенью 1895 года Конрадом Вильгельмом Рёнтгеном (1845–1923 (78), Ноб. пр. 1901 (56)) были открыты x-лучи. Весной 1896 года Анри Беккерель (1852–1908 (56), Ноб. пр. 1903 (51)) сообщил на заседании Французской академии наук об открытии лучей, испускаемых солью урана непрерывно и без предварительного возбуждения. В 1897 году Джозеф Джон Томсон (1856–1940 (84), Ноб. пр. 1906 (50)) показал, что катодные лучи представляют собой поток отрицательно заряженных частиц с массой, приблизительно в 1837 раз меньшей массы атома водорода. Это было прямым и надёжным открытием электрона.

Даже основоположник термодинамики Уильям Томсон (впоследствии лорд Кельвин) (1824–1907 (83)) в своей речи *«Облака XIX века над динамической теорией теплоты и света»*, произнесённой за несколько дней до конца XIX века, заявил, что **«наука вошла в спокойную гавань, разрешила все кардинальные вопросы, осталось лишь уточнять детали»**.

Действительно, конец XIX века не предвещал ничего тревожного. Спокойно и размеренно текла жизнь в тихих лабораториях. Никому даже невозможно было вообразить, как близка **«эпоха научных боёв», «бури и натиска»**, как потом скажет Макс Планк, что **«физика на пороге небывало мучительной ломки и потрясения самых своих основ»**.

Правда, Уильям Томсон не умолчал о двух *нерешённых проблемах* – **«двух облачках»**, чуть-чуть омрачавших ясный небосвод науки:

1) первая проблема – это некоторые затруднения в теории излучения;

2) вторая проблема – результаты знаменитых опытов 1878–1892 годов Альберта Майкельсона (1852–1931 (79), *Ноб. пр.* 1907 (55)), поставленных для того, чтобы обнаружить движение относительно мирового эфира.

«Облачка» эти никого особенно не тревожили, но именно из них и грянул гром!

Опыт Майкельсона послужил толчком к созданию теории относительности.

А затруднения в теории излучения привели Макса Планка к гипотезе квантов.

В книге «Физика и жизнь», изданной в 2000 году, лауреат Нобелевской премии по физике Жорес Иванович Алфёров (15.03.1930; *Ноб. пр.* 2000 (70)) пишет: «*Двадцатое столетие чаще всего называют веком революций и социальных потрясений. Веком мировых войн. Вместе с тем с полным правом можно сказать, что XX столетие было веком физики. Если говорить о физике XX столетия, то это, прежде всего, квантовая физика, которая наглядно продемонстрировала торжество квантовой теории.*»

В другой своей книге «Наука и общество» (СПб.: Наука, 2005) Ж. И. Алфёров вспоминает: «*В своё время один из выдающихся британских физиков Рудольф Пайерлс, говоря о золотой плеяде физиков 1920-х годов, сказал мне: „Да, это было особое время, когда люди, так сказать, „первого класса“ делали в науке гениальные работы, а люди „второго сорта“ – работы первоклассные“... Его слова в чём-то отразили ситуацию, сложившуюся в эпоху золотого времени для физики.*»

Основные линии становления квантовой теории

Решение задач теории излучения

Макс Планк 14 декабря 1900 года прочитал в Немецком физическом обществе в Берлине доклад «К теории распределения энергии в нормальном спектре». Здесь впервые появилась физическая величина h – элементарный квант действия.



Альберт Майкельсон
(1852–1931 (79))
Ноб. пр. 1907 (55)



Жорес Иванович
Алфёров (15.03.1930)
Ноб. пр. 2000 (70)



Рудольф Пайерлс
(1907–1995 (88))

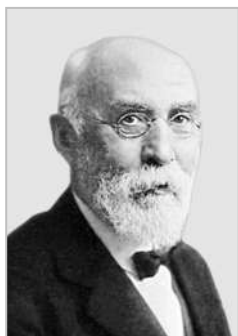


Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

В 1901 году в своей работе *«Теория излучения и второй закон термодинамики»* Хендрик Лорентц (1853–1928 (75), Ноб. пр. 1902 (49)) впервые упомянул формулу М. Планка.

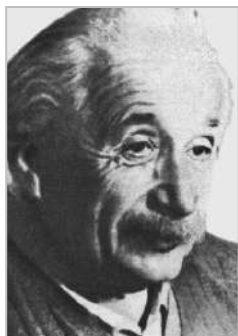
А уже через два года, в 1903 году, Х. Лорентц в статье *«Об испускании и поглощении металлом тепловых лучей большой длины волны»* написал: **«Гипотеза о носителе конечных „элементов энергии“, которая привела к введению постоянной h , является существенной частью теории. Но вопрос о механизме, с помощью которого теплота вызывает электромагнитные колебания в эфире, молча обойден».**

В 1905 году появились работы А. Эйнштейна. Подход к проблеме квантов у него был совершенно иным. А. Эйнштейн привлёк для анализа опытные данные по фотоэффекту, фотолюминесценции, ионизации газов, удельной теплоёмкости. Тем самым квантовая проблема перестала восприниматься как локальная. А. Эйнштейн писал: **«Энергия пучка света, вышедшего из некоторой точки, не распределяется непрерывно во всё возрастающем объёме, а складывается из конечного числа локализованных в пространстве неделимых квантов энергии, поглощаемых или возникающих только целиком».**



Хендрик Лорентц
(1853–1928 (75))
Ноб. пр. 1902 (49)

В ноябре 1906 года А. Эйнштейн заметил: **«Если теория Планка содержит в себе зерно истины, то мы должны ожидать, что и в других областях теории теплоты найдутся противоречия между современной молекулярно-кинетической теорией теплоты и опытом, устраняемые предложенным здесь путём».**



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

Абрам Фёдорович Иоффе (1880–1960 (80)), передавая немецким учёным в апреле 1968 года спасённую во время войны личную библиотеку Макса Планка, назвал в своей речи М. Планка и А. Эйнштейна **«учёными, которые совершили переворот в мировой физике и заложили основы физической науки нашего времени, насколько такие преобразования вообще могут быть связаны с отдельными именами».**

Макс Планк (первооткрыватель элементарного кванта действия) и Альберт Эйнштейн (создатель квантового учения о свете и теории относительности) развили в первые годы XX столетия те фундаментальные идеи, без которых невозможно представить себе сегодняшнее теоретическое естествознание.

Экспериментальные основы

В 1911 году Чарльз Вильсон (1869–1959 (90), *Ноб. пр.* 1927 (58)) создал «*туманную камеру*», которая позволила наблюдать траектории движущихся атомных частиц и доказала реальность их столкновений, а Эрнест Резерфорд открыл атомное ядро и создал модель атома, послужившую исходной точкой научно обоснованной теории атома.

1912 год знаменит опытом Макса фон Лауэ (1879–1960 (81), *Ноб. пр.* 1914 (35)), в результате которого была открыта интерференция рентгеновских лучей в кристаллах, тем самым наука получила такое средство исследования, которое имело величайшее значение для расцвета атомной физики.

Работы Н. Бора 1913 года

После Макса Планка и Альберта Эйнштейна, а в некотором отношении и наряду с ними, следует назвать исследователя, который открыл новые пути в атомной физике, стал учителем двух поколений физиков-атомщиков, а его модель атома стала символом атомного века, — это Нильс Бор, занимавшийся изучением строения атома и спектров, представлением о квантовых состояниях и переходах между ними, условием частот, квантовыми числами и правилами отбора.

Следует отметить также, как трудно проходило осознание физиками необходимости радикального отказа от многих классических представлений. Нужно вспомнить титанические усилия Нильса Бора, его сотрудников и учеников в попытках преодолеть отрицательное отношение Альберта Эйнштейна к статистической интерпретации квантовой механики.



*Чарльз Вильсон
(1869–1959 (90))
Ноб. пр. 1927 (58)*



*Эрнест Резерфорд
(1871–1937 (66))
Ноб. пр., хим. 1908 (37)*



*Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)*



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

История трудного пути, приведшего, в конце концов, к возникновению неклассической физики, – блестящая страница истории познания человечеством окружающего мира.

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



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))

Первая фаза развития квантового учения

Это в основном труды Макса Планка, Альберта Эйнштейна, Нильса Бора и Арнольда Зоммерфельда (1868–1951 (83)), которые завершились в 1925 году и увенчались принципом, открытым молодым австрийским физиком Вольфгангом Паули (1900–1958 (58), Ноб. пр. 1945 (45)), гласящим, что *«в одном атоме не может быть двух и более электронов, которые одинаковы по всем четырём квантовым параметрам, то есть находящимся в одинаковом состоянии».*



Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)

Только теперь с учётом строения оболочки атома могла быть во всей её глубине понята Периодическая система элементов, эмпирически составленная в 1869 году Дмитрием Ивановичем Менделеевым (1834–1907 (73)). Это было большим фундаментальным достижением физических исследований.

Вторая фаза развития квантового учения

Распространение в 1923 году молодым французским физиком Луи де Бройлем (1892–1987 (95), Ноб. пр. 1929 (37)) представления Альберта Эйн-

штейна о квантах света, послужившего в 1913 году отправным пунктом теории атома Нильса Бора, оказало плодотворное воздействие на развитие физики. Оно привело к идее о *«волнах материи»*, и тем самым были заложены основы новой стадии развития квантовой теории. В своей докторской диссертации Луи де Бройль писал *«о необходимости использовать волновые и корпускулярные представления не только в соответствии с учением Эйнштейна в теории света, но также и в теории материи»*. И позднее: *«При этом следует полагать, что каждая корпускула сопровождается определённой волной и каждая волна связана с движением одной или многих корпускул»*. Вследствие этого понятие *«корпускула»* и понятие *«волна»* должны применяться одновременно к излучению так же, как и к веществу.



Луи де Бройль
(1892–1987 (95))
Ноб. пр. 1929 (37)

Де Бройль считал: *«Электрон не может более рассматриваться как простая крупинка электричества; с ним следует связать волну»*. Отношение между энергией движущихся частиц и частотой колебания волнового движения передаётся константой Планка h . Она вместе с величиной движения определяет и длину волны. Как одному кванту света соответствует одна световая волна, так и частице материи должна, по мнению де Бройля, соответствовать волна материи.

Именно эта смелая мысль молодого физика о всеобщем *«дуализме»* волны и частицы позволила построить теорию, с помощью которой можно было охватить свойства материи и света в их единстве.

Кванты света становились при этом особым моментом всеобщего строения материи.

Первое квантовое условие Нильса Бора, которое ранее было непонятно, получило при этом простое объяснение. Постоянство в модели атома неизбежно вытекало из того обстоятельства, что объём электронных орбит является целочисленным кратным длине волны электрона. В противном случае идущие друг за другом волны интерферировали бы, т. е. усиливались из-за наложения, или взаимно гасились.

Альберт Эйнштейн по рекомендации Поля Ланжевена (1872–1946 (74)) обратил внимание на статью Луи де Бройля *«Исследования по квантовой теории»* и был восхищён идеями молодого французского физика. Он сообщал Макс Планку: *«Ты должен её прочитать; даже если она выглядит безумной, она всё же совершенно самобытна»*.

О том, насколько революционизирующе подействовало на старшее поколение физиков представление о волнах материи, свидетельствует речь, с которой в 1938 году выступил Макс Планк на чествовании Луи де Бройля:

«Еще в 1924 году г-н Луи де Бройль изложил свои новые идеи об аналогии между движущейся материальной частицей определённой энергии и волной определённой частоты. Тогда эти идеи были настолько новы, что никто не хотел верить в их правильность, и я сам познакомился с ними только три года спустя... Смелость этой идеи была так велика, что я сам, сказать по справедливости, только покачал головой, и я очень хорошо помню, как г-н Хендрик Лоренц доверительно сказал мне: „Эти молодые люди считают, что отбрасывать в сторону старые понятия в физике чрезвычайно легко!“ Речь шла при этом о волнах де Бройля, о соотношении неопределённостей Гейзенберга – всё это для нас, стариков, было чем-то очень трудным для понимания. И вот развитие неизбежно оставило позади эти сомнения. Осенью того же 1927 года я лично познакомился с г-ном де Бройлем на 5-м Сольвеевском конгрессе в Брюсселе и был восхищён его скромностью и образованностью».

Квантовая физика развивалась быстрыми темпами. Поль Дирак (1902–1984 (82), *Ноб. пр.* 1933 (31)) применил принципы специальной теории относительности к квантовой механике и создал волновую механику электрона на релятивистской основе. Начатое Луи де Бройлем и Эрвином Шрёдингером теоретическое исследование мира атома было разработано Полем Дираком, Энрико Ферми (1901–1954 (53), *Ноб. пр.* 1938 (37)), Вольфгангом Паули и Вернером Гейзенбергом в квантовую электродинамику.

Тем самым была создана теория, которая позволяет правильно понять и описать все атомные явления, присущие электронной оболочке. Квантовую теорию ядерных сил создал в 1935 году японский физик Хидэки Юкава (1907–1981 (74), *Ноб. пр.* 1949 (42)).

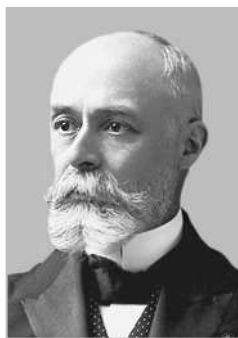
В релятивистской квантовой теории, называемой также **«квантовая теория полей»**, слились воедино классическое понятие частицы с классическим понятием поля. Частицы являются квантами поля. Квантованное поле – это источник частиц и взаимодействия, устанавливающегося между ними. Это учение представляет собой большой прогресс с точки зрения не

только физики, но и теории познания. Оно является дальнейшим шагом в направлении более глубокого понимания диалектики микромира.

Для физической картины природы особенно важны были те работы, которые вели к открытию античастиц. Они выросли на основе положений квантовой механики.

От атома к ядру

Старая мечта алхимиков о превращении одного вещества в другое приняла реальные черты после того, как в 1896 году французский физик Анри Беккерель открыл радиоактивные лучи.



Анри Беккерель
(1852–1908 (56))
Ноб. пр. 1903 (51)

Дальнейшему развитию атомной физики своей огромной творческой работой способствовали учёные – пионеры атомных исследований. Это были Пьер Кюри (1859–1906 (47), *Ноб. пр.* 1903 (44)) и Мария Склодовская-Кюри (1867–1934 (67), *Ноб. пр.* 1903 (36); *Ноб. пр., хим.* 1911 (44)), а также Эрнест Резерфорд, добившийся в 1919 году при бомбардировке ядер альфа-частицами утопического до тех пор превращения элементов.

Джеймс Чэдвик (1891–1974 (83), *Ноб. пр.* 1935 (44)), ученик Э. Резерфорда, доказал в 1932 году, что нейтрон является составной частью атомного ядра.

Наконец, в 1934 году итальянцу Энрико Ферми удалось активировать нейтронами ядра химических элементов, в обычных условиях нерадиоактивных.

Едва успели Фредерик (1900–1958 (58), *Ноб. пр., хим.* 1935 (35)) и Ирен (1897–1956 (59), *Ноб. пр., хим.* 1935 (38)) Жолио-Кюри открыть искусственную радиоактивность, как человечество, охваченное страхом перед Второй мировой войной, поняло, что Гитлер не остановится ни перед чем, если дело дойдёт до борьбы с противниками Третьего рейха.

Сигналом тревоги послужила статья, опубликованная 6 января 1939 года в журнале «*Naturwissenschaften*» («*Естественные науки*»). В ней сообщалось об удачном экспериментальном доказательстве деления ядер урана с образованием ряда изотопов бария. Авторами статьи были профессор Отто Ган (1879–1968 (89), *Ноб. пр., хим.* 1944 (65)), некоторое время работавший у Э. Резерфорда в Монреале, и его ассистент Фриц Штрассман (1902–1980 (78)).

С осени 1907 года с О. Ганом в Берлине работала Лизе Мейтнер (1878–1968 (90)), которая в июле 1938 года была вынуждена эмигрировать из Германии и продолжала исследовательскую работу в Стокгольме. Отто Ган ещё до опубликования упомянутой статьи послал корректуру Лизе Мейтнер. Она со своим племянником, учеником Нильса Бора, физиком-атомщиком Отто Робертом Фришем (1904–1979 (75)), подробно обсудила новое открытие. Им удалось объяснить физическую сущность процесса



Пьер Кюри
(1859–1906 (47))
Ноб. пр. 1903 (44)
и Мария Склодовская-
Кюри
(1867–1934 (67))
Ноб. пр. 1903 (36)
Ноб. пр., хим. 1911 (44)



Джеймс Чэдвик
(1891–1974 (83))
Ноб. пр. 1935 (44)



Энрико Ферми
(1901–1954 (53))
Ноб. пр. 1938 (37)



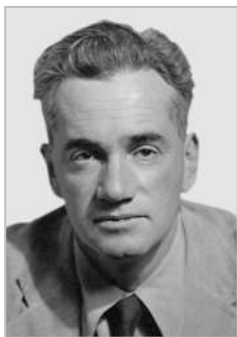
*Ирен (1897–1956 (59))
Ноб. пр., хим. 1935 (38)
и Фредерик
(1900–1958 (58))
Ноб. пр., хим. 1935 (35)
Жолио-Кюри*



*Отто Ган
(1879–1968 (89))
Ноб. пр., хим. 1944 (65)*



*Лизе Мейтнер
(1878–1968 (90))*



*Отто Роберт Фриш
(1904–1979 (75))*



*Роберт Оппенгеймер
(1904–1967 (63))*

деления ядер урана, а О. Фришу с помощью несложной установки доказать выделение энергии при этом процессе. Он, по аналогии с размножением бактерий, ввёл в употребление термин **«деление ядра»**.

Нильс Бор 26 января 1939 года на заседании Американского физического общества рассказал об огромных успехах, достигнутых учёными Европы (включая и результаты Л. Мейтнер и О. Фриша, о которых ему рассказал сам О. Фриш). Уже через несколько часов после доклада Н. Бора некоторые присутствовавшие на заседании поспешили в свои лаборатории и убедились в правильности сообщения Н. Бора. Темп исследовательских работ ускорился. Ф. Жолио-Кюри, Гальбен и Лев Коварски (1907–1979 (72)) в Париже работали над осуществлением цепной ядерной реакции. Впервые в мире управляемая цепная ядерная реакция была реализована Энрико Ферми 6 декабря 1942 года в Чикаго. А 16 июля 1945 года в пустыне Аломогордо (США) была взорвана атомная бомба, созданная под научным руководством Роберта Оппенгеймера (1904–1967 (63)) многими великими европейскими физиками, бежавшими от фашизма.

Наука – неотъемлемая часть нашей цивилизации

«Наука, – писал Макс Борн (1882–1970 (88)), Ноб. пр. 1954 (72)), – наполняет меня чувством устойчивого прогресса, и я убеждён, что именно теоретическая физика есть подлинная философия. Она революционизировала самые основные понятия, например, о пространстве и времени (теория

относительности), о причинности (квантовая теория), а также о субстанции и материи (атомистика). При всём этом теоретическая физика научила нас новым методам мышления (принцип дополнительности), применимость которых далеко выходит за рамки физики».

И далее М. Борн продолжал: «Наука стала неотъемлемой и наиболее важной частью нашей цивилизации, а научная деятельность теперь понимается как непосредственный вклад в развитие цивилизации. В наш век техники наука обрела социальные, экономические и политические функции. И какой бы отдалённой от технических приложений ни выглядела ваша работа, она представляет собой звено в цепи действий и решений, определяющих судьбу всего рода человеческого.



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)

Я сам осознал этот аспект науки во всём его значении только после Хиросимы. Но затем эта сторона науки оказалась (для меня) настолько важной, что я вынужден был пересмотреть те перемены, которые вызвала наука в делах человеческих на протяжении только одной моей жизни».

Открытия в физике XX века

В одной из своих многочисленных публичных лекций Жорес Иванович Алфёров (15.03.1930, Ноб. пр. 2000 (70)), лауреат Нобелевской премии по физике 2000 года, говорил: «XX столетие было веком физики. Положительный прогресс человечества в значительной степени был связан с открытиями и развитием именно этой области знаний... Если говорить о физике XX столетия, то это прежде всего квантовая физика, которая наглядно продемонстрировала торжество квантовой теории.

Когда мы говорим о физике XX столетия, мы не должны забывать о том, какую роль она сыграла в развитии техники и технологии, потому что физика всегда была, есть и остаётся „движителем“ научно-технического прогресса.

Какие же открытия определили XX столетие? Их, по моему мнению, три.

Крупнейшим открытием, которое сыграло огромную роль в жизни всего человечества и определило ход истории в XX веке, стало открытие деления ядра урана. Оно было сделано Отто Ганом (Ноб. пр., хим. 1944 (65)), немецким химиком, открывшим искусственное деление урана при облучении нейтронами.

Физика в XX веке во всём мире, и особенно в нашей стране, развивалась под огромнейшим влиянием замечательной советской физической школы. И мы, жители Ленинграда, Петербурга, можем гордиться тем, что уникальная советская физическая школа, из которой вышла практически вся советская физика, была создана здесь, в Петербурге, Абрамом Фёдоровичем Иоффе, основателем Физико-технического института, который носит его имя, а Физтех является родоначальником почти всех физических центров в стране.



Джон Бардин
(1908–1991 (83))
Ноб. пр. 1956 (48)
Ноб. пр. 1972 (64)



Уолтер Браттейн
(1902–1987 (85))
Ноб. пр. 1956 (54)



Уильям Шокли
(1910–1989 (79))
Ноб. пр. 1956 (46)

Открытие первого в мире точечного транзистора (Джон Бардин (1908–1991 (83), Ноб. пр. 1956 (48)), Уолтер Браттейн (1902–1987 (85), Ноб. пр. 1956 (54)), Уильям Шокли (1910–1989 (79), Ноб. пр. 1956 (46))). **Джон Бардин гениально догадался, что в механизме работы этого прибора имеет место инжекция неравновесных носителей заряда (электронов и дырок) в кристалле германия. Первые советские германиевые транзисторы с р–п-переходами были созданы в начале 50-х годов у нас в Физико-техническом институте.**

...Следующим крупнейшим открытием второй половины XX века, безусловно, было открытие лазера... Решающий вклад был сделан Чарльзом Таунсом (1915, Ноб. пр. 1964 (49)) в США, Николаем Геннадьевичем Басовым (1922–2001 (79), Ноб. пр. 1964 (42)) и Александром Михайловичем Прохоровым (1916–2002 (86), Ноб. пр. 1964 (48)) в Москве в Физическом институте АН СССР. Кристалл рубина, в котором газоразрядной лампой возбуждаются электроны, создаёт инверсную населённость основных энергетических уровней и даёт возможность генерации когерентного светового излучения...



Чарльз Таунс
(р. 1915; Ноб. пр. 1964 (49))



Николай Геннадьевич
Басов (1922–2001 (79))
Ноб. пр. 1964 (42)



Александр Михайлович
Прохоров
(1916–2002 (86))
Ноб. пр. 1964 (48)



*Жорес Иванович
Алфёров (р. 15.03.1930)
Ноб. пр. 2000 (70)*



*Герберт Крёмер
(р. 25.08.1928)
Ноб. пр. 2000 (72)*



*Джек Килби
(1923–2005 (82))
Ноб. пр. 2000 (77)*

Одно из самых важных применений в информационной сфере родилось из создания лазеров на основе полупроводниковых гетероструктур. Идеи использования гетероструктур возникли в начале 60-х годов у нас, в Физико-техническом институте (Ж. И. Алфёров (р. 15.03.1930), Ноб. пр. 2000 (70)), Г. Крёмер (р. 25.08.1928, Ноб. пр. 2000 (72)), Дж. Килби (1923–2005 (82); Ноб. пр. 2000 (77)))».

ГЛАВА 1

РОЖДЕНИЕ «НОВОЙ ФИЗИКИ». РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ

Конрад Вильгельм Рёнтген. Макс фон Лауэ

Конец XIX века. В физике получены новые данные о природе материи.

А. Ф. Иоффе так описывал состояние физики в конце XIX – начале XX века: *«Со стороны людям, интересующимся успехами физики, этот бурный период должен представляться полным внутренних противоречий.*

Здесь и такие открытия, как рентгеновы лучи и радиоактивность, непосредственное наблюдение атомов и электронов, теплового движения, расположения атомов в кристалле... А наряду с этим вырастают статистическая термодинамика с чисто схоластической теорией квантов и принцип относительности, который не



Абрам Фёдорович
Иоффе
(1880–1960 (80))

только искажает пространство и время, но и лишает их самостоятельного существования и предлагает отказаться от геометрии Евклида. Наконец, появляется модель атома Бора, которая сочетает в себе все эти элементы; модель, построенная по образцу Солнечной системы из электронов, но движущихся по законам относительности, и каким-то таинственным образом освобождённая теорией квантов от излучения. И эта модель, которая не есть даже модель, так как она включает в себе элементы ещё более абстрактные, чем те, которые должна объяснить, заполнила физику.

Всякий помнит физику XIX века с её непреложными и непрерывными законами природы, выражаемыми законами термодинамики и уравнениями Максвелла, с механической картиной мира, построенной на материи и эфире.

И вот перед нами физика, в которой нет невозможного, а есть только более или менее вероятное, нет эфира. Раньше говорили, что природа не знает скачков, теперь – всё наоборот: и вещество, и электричество, и самая вероятность полны прерывностей».

И далее Абрам Фёдорович продолжал: *«Поэтому вопрос о том, что же происходит в физике и чем руководствуются физики, принимая новые странные теории и отбрасывая старые, столь прочно, казалось, обоснованные, – этот вопрос приобретает общий интерес для современной науки и, следовательно, неразрывно с ней связанной техники».*

В экспериментальной физике есть открытия, которые были сделаны с помощью особых приборов, специально созданных для исследования конкретной проблемы.

Известны также экспериментальные открытия с помощью средств, с которыми физик имеет дело каждый день. Такие исследования преобладали в истории естествознания до начала XX века. К ним относится, например, доказательство существования электрических волн Генриха Герца (1857–1894 (37)). Замечательным примером является открытие, которое осенью 1895 года сделал вюрцбургский физик Конрад Вильгельм Рёнтген.

Открытие К. Рёнтгеном *x*-лучей было первым великим открытием конца XIX века, заставившим физиков взглянуть на физические явления по-иному.

Рентгеновские лучи

Конрад Вильгельм РЁНТГЕН

(1845–1923 (78); Ноб. пр. 1901 (56))

К. В. Рёнтген использовал искровой индуктор с прерывателем, газоразрядную трубку Иоганна Гитторфа (1824–1914 (90)) и флуоресцирующий экран. Так же, как и Генрих Герц, работавший в лаборатории один, Конрад Рёнтген тоже был исследователем-одиночкой. Он работал, как правило, без помощников и часто до глубокой ночи, занимаясь своими опытами без помех.

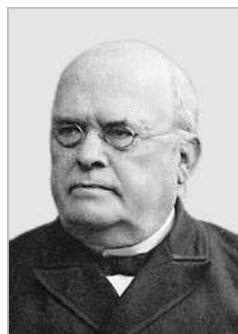
К. Рёнтген 8 ноября 1895 года включил газоразрядную вакуумную трубку, обёрнутую чёрной бумагой, задерживавшей все видимые и ультрафиолетовые лучи, и заметил вспышки маленьких флуоресцирующих кристаллов, которые лежали у него на столе. К. Рёнтгена заинтересовало это новое явление. «*Я искал невидимые лучи*», – говорил он в июле 1896 года своему английскому коллеге.

Итак, К. Рёнтген в тот вечер узнал, что от вакуумных трубок исходят невидимые лучи, проходящие через чёрную упаковку и заставляющие светиться флуоресцирующие вещества. Ни один физик ранее этого не заметил и не сообщал об этом.

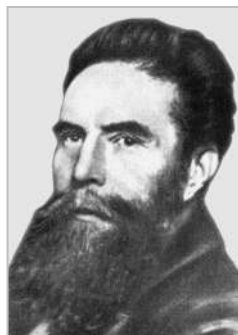
Очевидцев открытия Конрада Вильгельма Рёнтгена не существует. Он работал в тот вечер, как



Генрих Герц
(1857–1894 (37))



Иоганн Гитторф
(1824–1914 (90))



Конрад Вильгельм
Рёнтген
(1845–1923 (78))
Ноб. пр. 1901 (56)

всегда, один. Сам учёный весьма неопределённо говорил о предыстории своего эпохального открытия. День самого открытия он называл точно, но процесс опыта нигде сам не описал детально. В силу этого скоро появились различные объяснения того, что же предшествовало такому наблюдению. До сих пор что-то осталось до конца невыясненным.

Конечно, очень многое говорит о попытках К. В. Рёнтгена понять, почему происходит свечение кристаллов, а также засветка ранее упакованных в чёрную бумагу фотоплёнок, лежавших около работавшей трубки Гитторфа. Физик старался провести опыты последовательно, чтобы найти причины таких явлений.

Как позднее сказал К. В. Рёнтген, *«великий жребий»*, который ему выпал, он хотел заслужить, опубликовав только точные и надёжные результаты.

Самое удивительное, что увидел исследователь, – это фотография в х-лучах костей руки своей жены, которую он попросил немного ему помочь. Этот фотоснимок позже обошёл все средства массовой информации того времени и способствовал интенсивному использованию открытых лучей в медицине.

К. Рёнтген некоторое время никому не рассказывал о своём наблюдении, пытаясь самостоятельно разобраться в открытом им явлении. Учёный в течение семи недель работал в одиночестве, стараясь отразить получаемые данные на фотопластинках.

Наконец, 28 декабря 1895 года К. В. Рёнтген выступил в Вюрцбургском физико-медицинском обществе с первым сообщением о своём открытии, которое было немедленно напечатано. Книготорговое предприятие Вюрцбурга опубликовало эту статью в виде брошюры под названием *«Новый род лучей»*, которая была переведена с немецкого на итальянский, русский, английский, французский языки и выдержала пять изданий. Распространение публикации К. Рёнтгена и его фотографий вызвало такую же сенсацию, какая была на сообщении Галилео Галилея (1564–1642 (78)) об открытии спутников Юпитера.

К. Рёнтген называл открытые им лучи х-лучами, поскольку на то время их физическая природа была непонятна. Сам же он предполагал, что лучи являются продольными волнами в эфире, в отличие от световых и электрических волн, которые считались поперечными. Его ученик А. Ф. Иоффе заметил, что *«это была, по-видимому, единственная ошибка, которую когда-либо допустил Рёнтген»*.

Это было лишь предположение. Исследователь сосредоточился на описании явления и на возможности его экспериментально получать. В начале 1896 года он заметил в письме своему бывшему ассистенту Людвигу Цендеру: *«Какова природа лучей, мне совершенно неясно, и являются ли они в действительности продольными лучами света, для меня это второстепенный вопрос. Главное – факты»*.

Физики, получавшие сообщения об открытии К. Рёнтгена, устремлялись в свои лаборатории, чтобы повторить эти опыты. Такое же произойдёт через 40 лет в Америке, когда Нильс Бор расскажет на одном из научных заседаний об опытах Отто Гана и Фрица Штрассмана по расщеплению ядра урана.

Конрад Вильгельм Рёнтген, профессор небольшого немецкого университета, ранее известный только узкому кругу физиков, в 1895 году стал популярным физиком и даже самым знаменитым естествоиспытателем в мире. Сам исследователь никогда не выступал с популярными сообщениями перед публикой, поскольку не считал нужным заниматься популяризацией науки из-за того, что таким образом *«достижения науки могут быть просто опошлены»*.

В середине января 1896 года К. Рёнтген был вызван ко двору кайзера в Берлин. Там он показал некоторые опыты. А 23 января учёный вновь выступил в переполненном зале своего института в Вюрцбурге перед членами Физико-медицинского общества. В заключении доклада Альберт фон Кёллер, почти 80-летний анатом, под аплодисменты собравшихся, предложил вместо *«х-лучи»* говорить *«рентгеновские лучи»*. К. Рёнтген не возражал, но из скромности в дальнейшем продолжал называть открытые им лучи *«х-лучами»*, даже после 1912 года, когда Макс Лауэ, Вальтер Фридрих (1883–1968 (85)) и Пауль Книппинг (1883–1935 (52)) раскрыли их электромагнитную природу.

Открытие К. Рёнтгена нашло большой отклик во всём мире. Лишь в 1896 году было опубликовано около пятидесяти книг и брошюр и свыше тысячи научных статей о рентгеновских лучах. По этому поводу учёный писал Л. Цендеру: *«Постепенно я привык к шумихе, но буря стояла времени, целых четыре недели я не мог вернуться к опыту. Другие люди могли работать, только я не мог, Вы не представляете себе, как это происходило»*.

Итак, начнём с биографии В. К. Рёнтгена.

Конрад Вильгельм Рёнтген родился 27 марта 1845 года в Леннепе, недалеко от Дюссельдорфа. Его отец был владельцем фабрики сукна, мать происходила из Амстердама. Будущий великий физик ходил в частную школу в Апельдоорне, затем посещал «промышленную школу» в Утрехте. Родители хотели, чтобы сын в дальнейшем наследовал сукновальное дело.

К сожалению, из-за небольшой проделки, в которой школьник К. Рёнтген принял участие, его исключили из школы, а экстерном сдать экзамены на аттестат зрелости



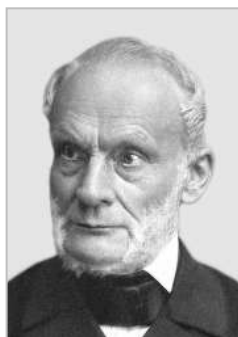
Конрад Вильгельм
Рёнтген
(1845–1923 (78))
Ноб. пр. 1901 (56)



Дом К. В. Рёнтгена
в Утрехте



*Элвин Бруно
Кристоффель
(1929–1900 (71))*



*Рудольф Клаузиус
(1822–1888 (66))*



*Август Кундт
(1839–1894 (55))*

в другом учебном заведении не удалось. Путь в высшую школу был закрыт. К. Рёнтген (как вольнослушатель) посещал некоторое время отдельные естественно-научные лекции.

Аттестат зрелости не требовался в Высшей технической школе в Цюрихе, и молодой К. Рёнтген поехал туда осенью 1865 года. Но по правилам, когда не было аттестата, при поступлении нужно было сдать специальный вступительный экзамен. На таком же экзамене через 30 лет провалился молодой Альберт Эйнштейн, который появился в Цюрихе по тем же причинам и при аналогичных обстоятельствах, что и молодой Конрад Рёнтген. Однако за хорошие оценки, которые были выставлены К. Рёнтгену в реальном училище Утрехта, он был от такого экзамена освобождён.

К. Рёнтген начал изучать машиностроение на механико-техническом отделении. Он проявил интерес к прикладной математике и технической физике. Ему повезло с преподавателями: математику вёл Э. Б. Кристоффель (1929–1900 (71)), чьи работы через десятилетия сыграли свою роль в становлении общей теории относительности, а часть лекций по физике читал великий термодинамик Рудольф Клаузиус (1822–1888 (66)). К. Рёнтген также одновременно посещал и лекции по литературе, искусству и истории.

Молодого человека заинтересовала физика, и после окончания научно-инженерного курса он начал заниматься экспериментальной физикой. В Цюрих в это время приехал физик Август Кундт (1839–1894 (55)). Он обратил внимание на юношу, который работал добросовестно и с большой активностью.

Уже через год после инженерного экзамена, К. Рёнтген получил учёную степень доктора философии за свою статью по теории газа, и А. Кундт предложил молодому физiku место своего ассистента.

К. Рёнтген с большой охотой работал в лаборатории, занимался спортом, был страстным охотником и альпинистом. В дальнейшем, работая в разных университетах, учёный более сорока раз приезжал путешествовать в Швейцарию.

В 1870 году А. Кундта пригласили в университет Вюрцбурга, и он взял туда К. Рёнтгена своим ассистентом. Так, в 25 лет К. Рёнтген впервые приехал в город, который спустя четверть века станет местом его величайшего открытия.

В Вюрцбургском университете были строгие порядки: отсутствие аттестата зрелости не давало К. Рёнтгену права на получение доцентуры. В 1872 году А. Кундт был приглашён во вновь созданный Имперский университет в Страсбурге. Там при поддержке крупного химика Адольфа фон Байера (1835–1917 (82); Ноб. пр., хим. 1905 (70)) молодому физiku в 1874 году удалось получить право на преподавание.

В 1875 году К. В. Рёнтген становится профессором математики и физики в Высшей сельскохозяйственной школе в Гоенгейме. Однако здесь не было возможности для экспериментальной работы, поэтому К. Рёнтген оставался там лишь два семестра и вернулся в Страсбург как экстраординарный профессор математической физики.

Конечно, Конрад Рёнтген не был математиком в полном смысле этого слова, но владел нужным физикам того времени математическим багажом, что позволило доверить ему этот предмет. По словам Арнольда Зоммерфельда, *«он не нуждался в математическом костюме»*. В его рукописях формулы встречаются редко.

В 1879 году (в 34 года) К. В. Рёнтген получил кафедру экспериментальной физики в университете Гиссена.

К. В. Рёнтген всегда работал с простыми приборами, он обладал высокоразвитыми ремесленными навыками и всю жизнь *«ценил ремесло как развлечение и как противовес умственному труду»*.

В последние годы он писал: *«Я всегда находил, что механическая работа именно в то время, когда дух занят менее приятными вещами, может принести настоящее удовлетворение. Всегда сразу видишь готовый и желанный результат своих усилий, а в духовной области это далеко не всегда происходит быстро»*.

О том же А. Эйнштейн говорил так: *«Теперь я понимаю, почему есть столько людей, которые охотно колют дрова. Эта деятельность всегда позволяет тотчас же увидеть результат»*.

В Гиссене К. Рёнтгену удалось экспериментально обнаружить магнитное поле движущегося электрического заряда, а значит, создать важную предпосылку для теории электронов. Х. Лорентц назвал это явление *«рент-*



Адольф фон Байер
(1835–1917 (82))
Ноб. пр., хим. 1905 (70)



Конрад Вильгельм
Рёнтген (1845–1923 (78))
Ноб. пр. 1901 (56)

геновским током». И это было самым большим достижением исследователя до обнаружения им x -лучей. Этого было бы достаточно, чтобы считать его значительным физиком.

В годы работы в Гиссене были проведены исследования электрических свойств кварца. Пристрастие к кристаллам и физике кристаллов К. Рёнтген сохранил до конца жизни. Кристаллы казались ему **«воплощённой закономерностью природы»**.

Через 10 лет успешной исследовательской и преподавательской работы К. Рёнтген был приглашён в Вюрцбург, после того как ранее отклонил предложения из Йены и Утрехта.



Фридрих Кольрауш
(1840–1910 (70))

Теперь он (уже как профессор) возвращался в 1890 году в тот университет, который 20 лет тому назад отказал ему в доцентуре. К. Рёнтген стал приемником знаменитого физика-экспериментатора Фридриха Кольрауша (1840–1910 (70)), который пользовался всемирным признанием как специалист по физической измерительной технике и автор учебника практической физики.

В 1894 году К. Рёнтген был избран ректором Вюрцбургского университета. Его ректорская речь была посвящена истории физики в Вюрцбурге. Он говорил: **«Эксперимент является могущественнейшим рычагом, с помощью которого мы можем отвоевать у природы её тайны, он постоянно должен образовывать высочайшую инстанцию в решении вопроса о том, сохранить ту или иную гипотезу или отказаться от неё. Каждое явление должно быть прежде всего как можно более точно во всех частностях подвергнуто наблюдению и описанию; лишь после этого можно отважиться на истолкование»**.



Физический институт университета
Вюрцбурга

Наступило 8 ноября 1895 года, когда Конрад Рёнтген сделал своё великое открытие.

В приветственном адресе К. В. Рёнтгену от Берлинской академии наук говорилось: **«История науки учит, что в каждом открытии своеобразно сочетается заслуга и удача, и многие непосвящённые, вероятно, склонны в этом случае большую часть приписывать удаче. Но тот, кто по-**

стигает своеобразие Вашей творческой личности, поймёт, что именно Вам, свободному от всех предубеждений исследователю, сочетающему законченное искусство эксперимента с высочайшей научной добросовестностью и внимательностью, должно было выпасть счастье сделать это великое открытие».

Об x -лучах К. Рёнтген опубликовал всего три небольшие статьи. За первым сообщением в конце декабря 1895 года о рождении x -лучей в марте 1896 года последовала вторая заметка, в которой рассматривалась способность новых лучей делать воздух и другие газы проводниками электрического тока. Третье, и последнее, сообщение появилось годом позже, в марте 1897 года, где учёный изложил свои наблюдения над рассеиванием x -лучей в воздухе. Ему не удалось, несмотря на все усилия, доказать их преломление. Это было сделано лишь спустя 15 лет его учениками Вальтером Фридрихом и Паулем Книппингом при экспериментальной проверке гениального предсказания Макса Лауэ.

Оценивая достижение Конрада Рёнтгена, Макс фон Лауэ писал: *«Насколько велико было открытие Рёнтгена, можно понять из того, что большое число других, часто выдающихся, физиков экспериментировали до Рёнтгена с теми же самыми вспомогательными средствами и тем не менее не могли открыть этих лучей. Подобное наступление на совершенно не изученную область требует, кроме острого глаза, также большого мужества и самообладания, которое даёт возможность, несмотря на радость и возбуждение в связи с первым открытием, сохранить спокойствие и умственную ясность. Рёнтген должен был много потрудиться, чтобы между 1895 и 1897 годами написать три статьи, которые настолько исчерпывали предмет, что целое десятилетие не могло прибавить ничего нового».*

Рентгеновские лучи быстрее всего «проникли» во врачебную практику. Уже в 1896 году они стали использоваться для целей диагностики. Физик Вильгельм Вин (1864–1928 (64); Ноб. пр. 1911 (47)), в то время доцент Берлинского университета, первый руководил такими исследованиями в Берлинском военном госпитале. Во многих местах начинает развиваться рентгенотерапия. Однако, поскольку не была известна опасность рентгеновского излучения, врачи работали без каких-либо мер защиты и получали часто лучевые травмы.



Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)



Вильгельм Вин
(1864–1928 (64))
Ноб. пр. 1911 (47)

Сам К. Рёнтген, инженер по образованию, не участвовал в создании и дальнейшем развитии рентгеновской техники. Это сделали другие, собрав большой экспериментальный материал и получив медицинский опыт. К. Рёнтген же считал, что результаты исследований, полученные в лаборатории, должны свободно использоваться всеми, и решительно отверг предложение Берлинского всеобщего электрического общества передать последнему за большую сумму право на использование патентов всех его будущих физических открытий в технических целях. При этом учёный не думал ни о каких охранительных правах на технику его опыта. К. Рёнтген не собирался практически реализовать свое открытие. Так же позднее поступила и Мария Кюри после открытия радия.

В 1899 году К. Рёнтген получил приглашение в университет Мюнхена. Перед этим он отклонил приглашение стать в Лейпциге преемником Густава Видемана (1826–1899 (73)), в течение нескольких десятилетий издававшего «*Анналы физики и химии*». Конечно, приглашение в крупнейший университет страны – Мюнхенский – учёный не мог не принять, хотя ему очень нравилось в Вюрцбурге.

Мюнхен стал местом работы и проживания К. Рёнтгена до конца жизни. Он был директором Физического института университета и одновременно руководил Государственным физико-метрономическим собранием.

Наступил 1901 год, когда Королевская Шведская академия объявила имя **первого из учёных мира** – лауреата Нобелевской премии по физике – К. В. Рёнтгена, «*в знак признания необычайно важных заслуг перед наукой, выразившихся в открытии замечательных лучей, названных впоследствии в его честь*». Денежная сумма, полученная лауреатом, была передана К. Рёнтгеном университету, в стенах которого было сделано его открытие. Проценты с суммы должны были служить прогрессу научных исследований, однако инфляция 1923 года обесценила этот вклад.

Лауреат для принятия премии должен был поехать в Стокгольм. Характерно прошение об отпуске, поданное профессором К. Рёнтгеном 6 декабря 1901 года Королевскому баварскому государственному министерству церковных и школьных дел, в ведении которого находился Мюнхенский университет: «*По доверительному сообщению Королевской Шведской академии наук, почтительнейшие и покорнейшие нижеподписавшийся получил первую Нобелевскую премию за 1901 год. Королевская Шведская академия придаёт особое значение тому, чтобы удостоенные премии принимали её лично в Стокгольме в день вручения (10 декабря текущего года). Так как эти премии обладают исключительно высокой ценностью и в высшей степени почётны, то почтительнейшие и покорнейшие нижеподписавшийся полагает, что должен последовать, хотя и не с легким сердцем, желанию Королевской Шведской академии, а потому он просит предоставить ему отпуск в продолжение следующей недели*».

Поскольку лауреаты Нобелевских премий в XX веке внесли огромный вклад в развитие науки, то, по-видимому, будет целесообразно здесь привести завещание Альфреда Нобеля (1833–1896 (63)) при создании им замечательного фонда для поощрения наук. Лауреат Нобелевской премии по физике 2000 года Ж. И. Алфёров говорит, что *«Нобелевский комитет отметил присуждением премий все выдающиеся достижения науки в XX веке, и есть лишь некоторые учёные, которые не смогли быть отмечены в силу их кончины»*. Идея крупного промышленника конца XIX века Альфреда Нобеля выделить проценты с капитала создаваемого им фонда для поощрения учёных сыграла в XX веке и продолжает играть выдающуюся роль.



Альфред Нобель
(1833–1896 (63))

Завещание Альфреда Нобеля:

«Я, нижеподписавшийся, Альфред Бернхард Нобель, обдумав и решив, настоящим объявляю моё завещание по поводу имущества, нажитого мною к моменту смерти. Всё оставшееся после меня реализуемое имущество необходимо распределить следующим образом: капитал мои душеприказчики должны перевести в ценные бумаги, создав фонд, проценты с которого будут выдаваться в виде премии тем, кто в течение предшествующего года принёс наибольшую пользу человечеству.

Указанные проценты следует разделить на пять равных частей, которые предназначаются:

первая часть тому, кто сделал наиболее важное открытие или изобретение в области физики,

вторая – тому, кто добился выдающихся успехов в области химии,

третья – тому, кто добился выдающихся успехов в области физиологии или медицины,

четвёртая – создавшему наиболее значительное литературное произведение, отражающее человеческие идеалы,

пятая – тому, кто внесёт весомый вклад в сплочение народов, уничтожение рабства, снижение численности существующих армий и содействие мирной договорённости.

Премии в области физики и химии должны присуждаться Шведской Королевской академией наук, по физиологии и медицине – Королевским каролинским институтом в Стокгольме, премия мира – комитетом из пяти человек, избираемым норвежским стортингом.

Моё особое желание заключается в том, чтобы на присуждение премий не влияла национальность кандидата, чтобы премию получали наиболее достойные, независимо от того, скандинавы они или нет.

Сие завещание является последним и окончательным, оно имеет законную силу и отменяет все мои предыдущие завещания, если таковые обнаружатся после моей смерти.

Наконец, последнее моё обязательное требование состоит в том, чтобы после моей кончины компетентный врач однозначно установил факт смерти, и лишь после этого моё тело следует предать сожжению.

Париж, 27 ноября 1895 г.

Альфред Бернхард Нобель»

Фонд Альфреда Нобеля был одним из первых благотворительных фондов, помогавших развитию науки не только на государственные деньги. Его пример показал многим, что выделение денег для поддержки науки – это благородное дело. Не только бизнесмены, но и учёные, на себе



*Мария Кюри
(1867–1934 (67))
Ноб. пр. 1903 (36)
Ноб. пр., хим. 1911 (44)*

почувствовавшие поддержку своей деятельности с получением Нобелевской премии, жертвовали деньги университетам и институтам (например, сам первый нобелевский лауреат К. В. Рёнтген, позднее – Мария Склодовская-Кюри) и создавали фонды в поддержку образования и науки (например, Ж. И. Алфёров).

В 1904 году К. Рёнтген отклонил предложение возглавить Имперский физико-технический институт в Берлине – почётное место, которое первым занимал Герман Гельмгольц (1821–1894 (73)).

В 1911 году по поручению Прусской академии наук в связи с кончиной Якоба Вант-Гоффа (1852–1911 (59); Ноб. пр., хим. 1901 (49)) её член Эмиль Варбург (1846–1913 (67)) пытался привлечь на освободившееся место в академии профессора К. В. Рёнтгена. Члены академии Вальтер Нернст (1864–1941 (77); Ноб. пр., хим. 1920 (56)), Генрих Рубенс (1865–1922 (57)) и Макс Планк поддержали его избрание. В обосновании после перечисления научных заслуг профессора говорилось: «... **представляется правомерным исполнить выраженное им пожелание, а именно предоставить ему возможность посвятить последние годы жизни исключительно научному исследованию, не обременяя его административными обязанностями**».



*Якоб Вант-Гофф
(1852–1911 (59))
Ноб. пр., хим. 1901 (49)*

Переговоры не дали результатов, и заключительная запись в протоколе гласит: «**Господин Рёнтген решил остаться на занимаемом месте**». Среди требований Берлинской академии наук были работа и проживание в Берлине, чего не хотел сам К. Рёнтген.

В 1913 году на место в Прусской академии наук, не занятое Конрадом Рёнтгеном, был приглашён молодой Альберт Эйнштейн.

К. В. Рёнтгена до конца дней сопровождали слухи, что он самостоятельно сделал своё открытие x -лучей. Но учёный любил работать уединённо, поэтому закономерно, что даже его ассистент Людвиг Цендер узнал об открытии рентгеновского тока лишь из протоколов заседания Берлинской академии наук. Именно это своеобразие учёного объясняет, почему об открытии x -лучей известно так мало. И учёный вынужден был защищаться от подобных подозрений. С особым рвением распространял такого рода клевету Филипп Ленард, получивший Нобелевскую премию по физике в 1905 (43) «за работы по катодным лучам», но приписывавший себе главную заслугу в обнаружении рентгеновских лучей.

Сначала Ф. Ленард не оспаривал приоритета К. Рёнтгена и даже написал ему в мае 1897 года письмо, где отмечал: ***«То, что Ваше великое открытие так быстро обратило внимание широких кругов и на мои скромные работы, было для меня особенным счастьем, и я могу теперь вдвойне радоваться этому Вашему дружескому участию.»***

Однако после того, как в знаменитом опыте Вальтера Фридриха и Пауля Книппинга по предсказанию Макса Лауэ выяснилось, что рентгеновские лучи являются коротковолновым электромагнитным излучением, Ф. Ленард стал называть их только ***«лучи высокой частоты»***. Когда же при Третьем рейхе, будучи отъявленным антисемитом и ярким националистом, Ф. Ленард был объявлен главой немецкой физики, он постарался совершенно стереть заслуги К. Рёнтгена в открытии x -лучей. В это время в немецких газетах стали появляться лживые утверждения, что К. Рёнтген присвоил себе открытие, сделанное его ассистентом Ф. Ленардом, и лишил своего сотрудника заслуженной славы.

Ещё в мае 1921 года К. Рёнтген писал Л. Цендеру: ***«Я никогда не сомневался в Вашей готовности вновь и вновь выступать на защиту моей чести и сердечно благодарен Вам за это. Гнусный слух, что я будто не сам нашёл x -лучи, по моему предположению, имеет источник в Гейдельберге у Георга Квинке (1834–1924 (90)), которому я несколько раз перешёл дорогу. Его, видимо, поддерживает Ленард».***

Ученик В. К. Рёнтгена, ассистент в его лаборатории в 1903–1906 годах, основатель и первый директор Физико-технического института в Ленинграде, академик А. Ф. Иоффе писал: ***«Завистники, среди которых на первом месте стоял будущий фашист Филипп Ленард, который проглядел рентгеновы лучи и не мог простить Рёнтгену его наблюдательности, пытались изо-***



*Филипп Ленард
(1862–1947 (85))
Ноб. пр. 1905 (43)*

бразить открытие Рёнтгена как чисто случайную удачу какого-то физика, в руки которого попала трубка Ленарда. Но никто, пожалуй, обнаружив лучи, не сумел бы изучить их так, как это сделал Рёнтген».

Сам К. Рёнтген считал, что всё основное о своём открытии он исчерпывающе изложил в трёх своих статьях.



Абрам Фёдорович
Иоффе
(1880–1960 (80))

А. Ф. Иоффе также отмечал, что **«в гитлеровской Германии мёртвый Рёнтген (умер в 1923 году) был объектом такой же ненависти профашистски настроенных кругов, как живой Эйнштейн (эмигрировал из нацистской Германии до 1 апреля 1933 года)».**

По словам А. Ф. Иоффе, **«в Мюнхене Рёнтген был единовластным хозяином своего института, который он прекрасно организовал. Он внушал глубокое уважение как преподаватель и устрашал своей строгостью как экзаменатор».**

А по свидетельству Вальтера Фридриха, также его ученика: **«Свои лекции, перед которыми его (Рёнтгена) каждый раз охватывало лихорадочное волнение, он читал без единого шутливого слова и без малейшей улыбки. Рёнтген не принадлежал к числу блестящих ораторов, и, так как он, кроме того, говорил очень тихо, обычно бывали заняты только первые два или три ряда его аудитории».**

Макс фон Лауэ писал о Конраде Рёнтгене: **«По моему мнению, впечатление от того открытия, которое он сделал, когда ему было 50 лет, было таким сильным, что он никогда не мог от него освободиться. Несомненно, что любое великое духовное деяние подавляет того, кто его совершил. Кроме того, Рёнтген, как и другие исследователи, испытал слишком много неприятностей из-за разных дурных качеств людей».**

В течение четверти столетия, последовавшей за публикацией трёх сообщений о своём открытии, К. Рёнтген опубликовал в общей сложности лишь около семи работ. Он был очень основателен и хотел отдавать в печать только **«хорошо отточенные слова»**. Таким образом, список публикаций К. Рёнтгена содержит не более 60 работ. Для исследователя, жизнь которого охватывает почти восемь десятилетий, это немного. Уильям Томсон (лорд Кельвин) предъявил гораздо большее число патентов и, кроме того, напечатал свыше 600 исследовательских публикаций. Макс Планк опубликовал около 250 научных работ, среди них большие по объёму учебники. Вильгельм Оствальд (1853–1932 (79); *Ноб. пр., хим. 1909 (56)*) написал свыше 1000 печатных трудов, в их числе 20 учебников и справочников и, кроме того, несколько тысяч сообщений и статей в журналах и ежедневных газетах. К. Рёнтген же, по его собственным словам, **«в обращении с пером был с давних пор тяжёл на подъём».**

Совместно с А. Ф. Иоффе, который в 1905 году защитил у него диссертацию с оценкой «*summa cum laude*» («с наивысшей похвалой»), К. Рёнтген продолжал работать в области физики кристаллов. Он ценил сотрудничество с молодым русским физиком: ***«В русском д-ре Иоффе я имею очень способного приват-доцента. Я работаю с ним уже два года и совместно произвёл огромное количество материала, публиковать который мне боязно».***

В 1920 году 75-летний учёный был освобождён от своих административных обязанностей профессора и директора института. Вильгельм Вин, который был после ухода Конрада Рёнтгена профессором в Вюрцбурге, теперь вновь стал его приемником уже в Мюнхене. Руководство Физико-метрономическим собранием оставалось за К. Рёнтгеном, и он, как и раньше, регулярно приходил в институт, где мог располагать двумя комнатами для собственных исследований. В этом же году он опубликовал свою последнюю работу – обширную рукопись по физике кристаллов, которая обобщала исследования, начатые им совместно с А. Ф. Иоффе. По мнению А. Ф. Иоффе, этот монографический труд является образцом того, что К. Рёнтген понимал под ***«изложением фактов».***

После окончания Первой мировой войны знаменитый учёный остался в полном одиночестве. Приёмная дочь, племянница его жены, больше не жила у него. В 1919 году после многолетней мучительной болезни, когда К. Рёнтген самоотверженно ухаживал за своей женой, она умерла.

10 февраля 1923 года обессиленный и истощённый К. Рёнтген умер от рака. Его прах был погребён в Гиссене. За несколько месяцев до своей кончины он писал: ***«Моя жизнь кажется мне такой бесцельной!»***

Вальтер Фридрих, ученик Конрада Рёнтгена, так написал о своём учителе: ***«Тот, кому было позволено вступить с Рёнтгеном в личные отношения, испытывал чувство, говорящее ему, что перед ним действительно великий человек... Очень редко и лишь на короткие мгновения на его губах появлялась лёгкая улыбка. Этот человек был так же велик внутренне, как и внешне. Честность и благородная скромность были самыми примечательными чертами его характера. Строгое выражение его лица скрывало жизнь чувств, которую он при своей замкнутости приоткрывал, безусловно, только истинным друзьям и самым близким людям».***

Популяризатор науки Фридрих Гернек в своём очерке о жизни К. Рёнтгена писал: ***«Открытие Рёнтгена разом распахнуло перед физической наукой двери в новый мир и одновременно поставило перед теорией совершенно новые задачи. Создание учения об атомной оболочке и исследо-***



Вальтер Фридрих
(1883–1968 (85))

вание решёточной структуры кристаллов были бы без них невозможны. Обнаружение радиоактивности было непосредственно стимулировано первым сообщением Рёнтгена о его открытии.

Открытие Рёнтгена пробудило физиков от механистической дремоты. Год Рёнтгена, 1896 год, положил начало тому глубокому кризису физики, преодоление которого было процессом становления физической науки XX столетия».

А. Ф. Иоффе, ученик К. В. Рёнтгена, записал: *«Только на фундаменте, созданном физиками XIX века, и в частности Рёнтгеном, могла появиться современная физика».*

Природа рентгеновских лучей

Макс фон ЛАУЭ

(1879–1960 (81); Ноб. пр. 1914 (35))



Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)

Пятнадцать лет потребовалось физикам, чтобы понять природу рентгеновских лучей и с их помощью убедиться, наконец, в кристаллической природе многих веществ на Земле. Это оказалось возможным, когда в окружение специалистов по рентгеновским лучам, кристаллам и минералам попал физик, вся подготовка которого, его нахождение в среде, пропитанной размышлениями о волновой природе рентгеновских лучей и пространственной решётке атомов в кристаллах, дали ему толчок для связи этих двух гипотез.

Таким молодым физиком был Макс Лауэ, ученик Макса Планка, приват-доцент, работавший с 1908 года в Институте теоретической физики Арнольда Зоммерфельда в Мюнхене.

У Макса Лауэ была обширная сфера интересов. В 1911 году он написал первую книгу *«Принцип относительности»*. М. Лауэ был первым физиком, который тщательно разобрался в теории относительности, созданной А. Эйнштейном. В книге он в доступной форме изложил проблемы специальной теории относительности. Через 10 лет он написал второй том, который был посвящён общей теории относительности. Эти книги сыграли положительную роль в распространении и понимании теории относительности в мире. Поскольку, по мне-



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))

нию друзей и коллег, математическое дарование и способности Макса Лауэ превосходили его учителя Макса Планка, большим личным вкладом в становление теории относительности были профессиональные возражения Макса Лауэ противникам теории Альберта Эйнштейна.

М. Лауэ работал также в теории сверхпроводимости, открытой в 1911 году Г. Камерлингом-Оннесом (1853–1926 (73); *Ноб. пр.* 1913 (60)), а в последние годы много занимался историей науки.

У Макса Лауэ основной чертой характера была **«радость видеть и понимать»**, которую Альберт Эйнштейн назвал **«прекраснейшим даром природы»**. Один из друзей знаменитого физика писал, что **«наука была для него не работой или занятием, а частью его жизни; она продолжала жить в нём даже ночью во сне»**. По словам Лизе Мейтнер, жизнь учёного была **«хотя и всегда содержательной, но не всегда лёгкой»** при его природной деликатности и душевной уязвимости.

Макс Лауэ родился 9 октября 1879 года в Пфaffenдорфе близ Кобленца. В этом же году родились Отто Ган и Альберт Эйнштейн. Отец М. Лауэ имел чин генерала прусской армии и в 1914 году был возведён в наследственное дворянское звание, и именно в этом же году его сын стал лауреатом Нобелевской премии по физике.

Служба отца заставляла семью переезжать. Начальные классы гимназии Макс посещал в Познани, в 1891 году он вместе с родителями переезжает в Берлин, где начинает интересоваться вопросами физики. Побудительным мотивом к размышлениям юноши о естественно-научных проблемах были его посещения общества по распространению естественно-научных знаний «Уrania», которое существует в Германии как просветительское учреждение и поныне. Затем семья жила в Страсбурге, а молодой М. Лауэ учился в старших классах протестантской гимназии, директор которой понимал возрастающее значение естественных наук и способствовал развитию склонностей учащихся к ним. В гимназии Макс получил основательные знания древних языков и полюбил греческую философию, позже он говорил: **«Радость чистого познания даруют только греки, если не принимать во внимание исключений»**. Аналогичные мысли высказывали и другие известные физики, а позже коллеги Макса Лауэ: Эрвин Шрёдингер и Вернер Гейзенберг.

В те годы вышли в новом издании **«Доклады и речи»** Германа Гельмгольца, на которые обратил внимание молодого человека его учитель физики.



Гейке Камерлинг-Оннес
(1853–1926 (73))
Ноб. пр. 1913 (60)



Герман Гельмгольц
(1821–1894 (73))

М. Лауэ прочитал оба тома, но, как он сам позднее вспоминал, конечно, не всё понял. *«Но первые познания в физике я получил по большей части из этих томов, – говорил Макс фон Лауэ в благодарственной речи по поводу присуждения ему медали Г. Гельмгольца в 1959 году. – И никогда мне так не импонировала чья-то автобиография, как напечатанная там речь на праздновании 70-летия (Гельмгольца). Величие и кристальная чистота его личности нашли своё отражение в этой речи. К тому же она даёт ряд указаний по технике исследовательской работы, которые ценны даже для того, кто осознаёт дистанцию между Гельмгольцем и собой».*



Карл Фердинанд Браун
(1850–1918 (68))
Ноб. пр. 1909 (59)

Макс Лауэ поступил в Страсбургский университет, где ему довелось слушать лекции Карла Фердинанда Брауна (1850–1918 (68); Ноб. пр. 1909 (59)), физика-экспериментатора, получившего в 1909 году Нобелевскую премию за вклад в создание беспроводного телеграфа. В эти годы в университете читали лекции известные математики Давид Гильберт (1862–1943 (81)) и Феликс Клейн (1849–1925 (76)), а также физик-теоретик Вольдемар Фойгт (1850–1919 (69)). Будучи студентом, Макс Лауэ самостоятельно изучает работы Густава Кирхгофа (1824–1887 (63)). В университете юноша понял, что ему интересна теоретическая физика.

Будущий талантливый физик Макс Лауэ, как и Альберт Эйнштейн, обязан своими знаниями в основном книгам. Он пояснял позднее: *«Чтение можно при желании прерывать и предаваться размышлениям о прочитанном. На лекции всегда чувствуешь себя связанным ходом мысли говорящего и теряешь нить, если отвлекаешься».* Но молодой М. Лауэ регулярно посещал лекции. В автобиографии он писал: *«Я никогда не мог понять, как студенты могут опаздывать на лекции, например, из-за своих общественных обязанностей. У меня в голове была только наука».*



Давид Гильберт
(1862–1943 (81))

На формирование Макса Лауэ как физика-теоретика сильное влияние оказало его обучение в Гёттингене и особенно личность Давида Гильберта,

переехавшего работать в этот университет. М. Лауэ писал о том времени: *«Гильберт был величайшим из научных гениев, которых я когда-либо видел собственными глазами»*. А ему было, с кем сравнивать: он общался со всеми физиками первой половины XX века. Так, М. Лауэ говорил: *«Планк явил миру только одно-единственное великое достижение, Гильберт же, напротив, высказал много гениальных идей»*. Именно Д. Гильберту и Ф. Клейну обязан Макс Лауэ тем, что в силу тренированности своего ума, полученной от этих великих математиков, он стал физиком-теоретиком с большими и активными математическими знаниями. Математика привлекала Макса Лауэ, как и Альберта Эйнштейна, лишь в её применении к вопросам физики. Как он говорил, математические формулы и доказательства должны *«иметь какое-нибудь отношение к действительности»*. В одной из своих последних рукописей Макс фон Лауэ заметил: *«Я никогда не смог бы быть чистым математиком»*.

Помимо своих выдающихся наставников в Страсбурге и Гёттингене Макс Лауэ, приглашённый Арнольдом Зоммерфельдом в Мюнхен, познакомился с К. В. Рёнтгеном. Это был всего один семестр в Мюнхенском университете, однако и юный, и маститый физики не сошлись.

Зато в зимний семестр 1901–1902 годов в Мюнхене молодой М. Лауэ впервые очутился в зимних Альпах. Лыжного спорта в Германии тогда ещё не было. Лыжами М. Лауэ начал заниматься позже под руководством Вильгельма Вина, в Шварцвальде. Многие годы до Первой мировой войны они вместе уезжали в конце зимы в Миттенвальд и катались на лыжах.

Молодой М. Лауэ записался в Берлинский университет во время летнего семестра 1902 года, чтобы завершить своё образование физика докторской диссертацией у Макса Планка – в то время ведущего и, фактически, единственного физика-теоретика Германии. О великом открытии М. Планка молодой М. Лауэ ещё ничего не знал. Ни в Гёттингене, ни в Мюнхене об этом не говорили, поскольку значение открытия элементарного кванта действия в то время ещё не получило признания.



Феликс Клейн
(1849–1925 (76))



Вольдемар Фойгт
(1850–1919 (69))



Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)



Карл Шварцшильд
(1873–1916 (43))

В университете Макс Лауэ слушал у Макса Планка термодинамику, теорию газов и теплового излучения. Будущему учёному повезло: в это время физик-экспериментатор Отто Луммер, работавший также в Физико-техническом институте в Берлине, читал студентам теорию света. Особое внимание, как это ни удивительно для того времени, он уделял дифракции и интерференции на оптических решётках и пластинах. Позднее Макс фон Лауэ сказал, что приобрёл у О. Луммера тот «*оптический инстинкт*», который в дальнейшем так ему пригодился. Но, конечно, самое глубокое впечатление на начинающего физика оказал Макс Планк своим человеческим обаянием, покорявшим каждого его слушателя.

Через год, в начале лета 1903 года, за исследования по теории интерференции на плоскопараллельных пластинах Макс Лауэ получил учёную степень доктора. Какгодились М. Лауэ знания, полученные при выполнении диссертации по оптической теме, позднее – в 1912 году!

Ещё два года Макс Лауэ специализировал своё образование снова в Гёттингене, где слушал лекции по электронной теории у доцента Макса Абрагама (1875–1922 (47)), ученика М. Планка, и по геометрической оптике – у астрофизика Карла Шварцшильда (1873–1916 (43)).

Наконец, Макс Планк предложил Максу Лауэ занять освободившееся у него место ассистента в Берлине. Это произошло осенью 1905 года, и в течение трёх лет он был помощником первого физикатеоретика, под руководством которого написал свою докторскую диссертацию и продолжал заниматься вопросами оптики. Через год М. Лауэ опубликовал семь научных работ, что дало ему право преподавать теоретическую физику в Берлинском университете. Три года молодой физик работал бок о бок со своим любимым учителем. В 1908 году он получил приглашение в качестве приват-доцента в университет Мюнхена. Там он женился на дочери офицера, а их открытый дом стал традиционным местом научных встреч и бесед. Мюнхенский период жиз-

ни Макса Лауэ ознаменован тем, что он написал свою первую книгу по теории относительности Альберта Эйнштейна. И об этом периоде позднее Макс фон Лауэ вспоминал в своей автобиографии: *«Так хорошо мне впоследствии больше никогда не было»*.

В Мюнхенском университете в то время одновременно работали два физика, имена которых известны всем: экспериментальную физику возглавлял Конрад Вильгельм Рёнтген, а ведущим физиком-теоретиком был Арнольд Зоммерфельд, создавший позже одну из известнейших физических школ, существовавших в Германии после Германа Гельмгольца.

Мюнхен – столица богатейшей Баварии, расположенный вблизи Альп, всегда был связан с минералогической наукой, добычей и переработкой минералов. Там образовались очень сильные научные группы по кристаллографии и минералогии. Именно в Мюнхене работал один из крупнейших минералогов XIX – начала XX веков Пауль фон Грот (1843–1927 (84)), убеждённый сторонник гипотезы структуры кристаллов в виде пространственной решётки. Идея расположения атомов в кристаллах в виде пространственной решётки была предложена ещё в 1824 году физиком из Фрейберга Людвигом Августом Зеебером (1793–1855 (62)) и являлась тем подходом к теории кристаллической решётки кристаллов, которую в середине XIX века выдвинул Огюст Бравэ (1811–1863 (52)). Эти взгляды нашли в Мюнхене сторонников, а в минералогических коллекциях города всюду можно было увидеть модели кристаллов в виде различных решёток. В силу влияния А. Зоммерфельда физики находились в окружении представлений о кристаллах как пространственно-решёточных атомных структурах, а работа в университете К. В. Рёнтгена заставляла их размышлять о физической природе рентгеновских лучей, в частности, и как о волновом процессе.

Для того чтобы осознать природу рентгеновских лучей и одновременно окончательно убедиться в том, что у многих природных веществ атомы, их составляющие, упакованы в правильные кристаллические решётки, потребовалось полтора десятилетия. Для такого важного научного понимания – открытия – нужно было объективное стечение обстоятельств, а именно, чтобы в подготовленной интеллектуально среде физиков, занимающихся и кристаллами, и рентгеновскими лучами, оказался иной физик, профессиональная подготовка которого позволила бы ему со-



Конрад Вильгельм
Рёнтген (1845–1923 (78))
Ноб. пр. 1901 (56)



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))



Фредерик Жолио-Кюри
(1900–1958 (58))
Ноб. пр., хим. 1935 (35)

поставить данные обоих направлений и осмыслить их. Макс Лауэ, ученик Макса Планка, молодой, работавший у Арнольда Зоммерфельда в Институте теоретической физики, и оказался таким физиком.

Фредерик Жолио-Кюри писал об аналогичных ситуациях в науке: *«В старых лабораториях существуют скрытые богатства: это традиции, духовный и моральный капитал, накопленный во время бесед и обучения, даже просто личное присутствие. В определённый момент совокупность этих предпосылок создаёт необходимые условия, в которых внезапно рождается правильное толкование сделанного открытия».*

Именно в таких особых условиях, которые сам М. Лауэ оценивал как *«счастливую случайность»*, он и совершил свое гениальное открытие. Но к такой *«случайности»* нужно быть подготовленным.

Пауль Эвальд, выполнявший докторскую работу у А. Зоммерфельда, пришёл в феврале 1912 года к Максу Лауэ. Он знал, что М. Лауэ работал в области оптики у М. Планка и его считали знатоком в этом направлении физики. У П. Эвальда возникли трудности по работе, связанные с волновой оптикой, которые ему нужно было обсудить. Однако в данном конкретном случае М. Лауэ не мог что-то определённое сказать, но в беседе высказал мысль, что *«нужно попробовать пропустить через кристаллы рентгеновские лучи»*. Он полагал, что, *«если рентгеновские лучи действительно имеют волновую природу, и длина их волны в какой-то степени соответствует оценке Вина и Зоммерфельда, и если кристаллы действительно построены из пространственных решёток атомов, то при просвечивании кристаллов рентгеновскими лучами должны будут обнаружиться явления дифракции и интерференции, которые уже давно известны у видимых частот света как электромагнитного колебания».*



Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)

Говорят, всё гениальное просто.

Однако причинно-следственная связь, мелькнувшая у М. Лауэ, никому до него не приходила в голову. Он смог, как сторонний мыслитель, связать две области физики: кристаллы с их возможной структурой и также возможную волновую природу рентгеновских лучей. Как писал Ф. Гернек, *«вся подготовка Макса Лауэ как физика, его нахождение в среде, пропитанной размышлениями о волновой природе рентгеновских лучей и пространствен-*

ной решётке атомов в кристаллах, дали ему толчок для связи этих двух гипотез».

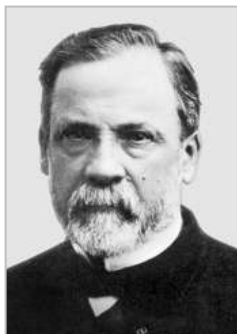
Как только ассистент того же Института теоретической физики Вальтер Фридрих, защитивший диссертацию у Конрада Рёнтгена, услышал об идее Макса Лауэ, он высказал свою готовность проверить такое предположение экспериментально. Однако возникли непредвиденные трудности. Дело в том, что теоретик А. Зоммерфельд, директор института, не хотел, чтобы его ассистент тратил время на какой-то эксперимент. Он полагал, что в кристаллах из-за теплового движения атомов в таких опытах нельзя ожидать экспериментально наблюдаемого проявления дифракции. Единственное, что оставалось молодым исследователям, – это проведение опытов тайком, либо вечерами, после плановых занятий, либо в перерывах. К проведению опытов присоединился ещё один молодой физик Пауль Книппинг, который уже закончил работу над своей докторской диссертацией и должен был через несколько недель уехать из института.



*Вальтер Фридрих
(1883–1968 (85))*

Первые эксперименты были проведены по облучению рентгеновскими лучами кристалла медного купороса, и уже на втором снимке физики обнаружили предсказанное Максом Лауэ, но ещё не очень чёткое явление. Следует отметить, что Вальтер Фридрих, ученик Конрада Рёнтгена, многократно облучавший различные материалы рентгеновскими лучами небольших экспозиций, провёл здесь многочасовое облучение. Он стремился сделать фотографически активными (при проявлении плёнок) также и слабые рентгеновские лучи при более длительном их воздействии на кристалл. Он правильно рассуждал, что в противном случае исследуемое им явление давно бы заметили другие экспериментаторы, просвечивавшие рентгеновскими лучами вещества на протяжении уже 15 лет со дня их открытия. Сам К. Рёнтген проводил такие опыты при кратковременном воздействии, не выявив никакой дифракции.

Положительные результаты задуманных опытов произвели на А. Зоммерфельда должное впечатление, и он разрешил проводить эти эксперименты в своём институте. Следует сказать, что он впоследствии всегда с гордостью говорил, что это крупное открытие сделано в стенах его института. Опыты продолжались, были взяты кристаллы цинковой обманки и другие кристаллы, в которых атомы располагались достаточно упорядоченно, а рентгеновские облучения проведены в зависимости от кристаллографических направлений. Фотографии получились чёткие и ясные, что явилось неопровержимым доказательством дифракции жёстких электромагнитных волн (рентгеновских лучей) на кристаллических решётках. Такие фотографии очень



Луи Пастер
(1822–1895 (73))

быстро стали известны во всех физических лабораториях мира, и их стали называть «диаграммы Лауэ» или просто «лауэграммы».

Наука – это такая область интеллектуальной деятельности человека, где подготовленный ум появляется в нужное время в нужном месте. Можно сказать, что хотя путь, приведший к открытию дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решётке и, по правде говоря, ко многим другим эпохальным открытиям, был найден случайно, всё-таки потребовалось вдохновение гения, чтобы случайную находку превратить в великое открытие. Как говорил Луи Пастер (1822–1895 (73)), *«случай помогает подготовленному уму»*.

Многие важные открытия не были сделаны лишь потому, что ум наблюдателя не был подготовлен к восприятию виденного. И почти во всех таких случаях плохая подготовка умов к восприятию нового – в некоторых случаях даже умов гениальных – была прямым результатом предвзятых представлений. Но многие открытия всё же были сделаны как бы *«случайно»*. Говорят, что они сделаны серендипно. *Серендипность* (serendipity) – это дар находить ценные или приятные вещи, которые не ищешь (название происходит от сказки о трёх путешествующих принцах Серендипа, которые случайно или благодаря своему уму находили то, что даже не искали). Истории науки известны яркие примеры серендипности. Мы ещё не один раз вспомним об этом понятии даже только на примерах открытий в физике XX века.

Как раз Макс Лауэ и был тем исследователем, который, в силу своей профессиональной подготовки, предположил и в 1912 году вместе со своими помощниками-экспериментаторами Вальтером Фридрихом и Паулем Книппингом открыл и объяснил дифракцию рентгеновских лучей в кристалле, что доказало упорядоченное расположение атомов в кристаллической решётке. Именно опыт М. Лауэ позволил, наконец, подтвердить существовавшее около двух веков предположение о том, что у большинства твёрдых тел атомы, их составляющие, расположены в узлах кристаллической решётки. Поэтому Макс фон Лауэ и находится в ряду физиков – первооткрывателей атомного века.

Позже Макс фон Лауэ так говорил о своём открытии: *«Лежавшая в основе идея казалась мне сама собой разумеющейся, и я никогда не мог понять удивления, которое она вызывала в мире специалистов, равно как и сомнения, с каким её встречали ещё несколько лет спустя»*.

А Макс Планк считал, что идея Макса Лауэ не была случайно возникшей мыслью, а *«неизбежным результатом логической цепи идей»*, что она созрела у М. Лауэ раньше, чем у любого другого физика, потому что

она находилась в тесной связи с вопросами, которые занимали его научное мышление. Макс Планк рассматривал открытие интерференции рентгеновских лучей как один из самых впечатляющих примеров плодотворности взаимодействия теории и эксперимента.

Соавторы (В. Фридрих, П. Книппинг и М. Лауэ) в совместной работе сообщили о «**явлениях интерференции рентгеновских лучей**». Направляющая мысль исследования исходила от Макса Лауэ. Без его инициативы и его плана В. Фридрих и П. Книппинг не осуществили бы опытов. Здесь ведущую роль играло теоретическое мышление и предсказание, что позволило проложить новый путь в науке.



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

Макс Лауэ доложил об открытии дифракции рентгеновских лучей в кристаллах 14 июня 1912 года на заседании Немецкого физического общества, в аудитории Физического института на Рейхстаугуфер в Берлине, там же, где за 12 лет до этого выступал Макс Планк с обоснованием своей формулы излучения. Через 25 лет в юбилейном докладе М. Планк в этом же зале вспоминал: *«Когда г-н фон Лауэ после теоретического введения показал первые снимки, на которых было изображено прохождение пучка лучей через произвольно ориентированный кусочек медного купороса, и на фотографической пластинке, рядом с центральным местом прохождения первичных лучей, видны были несколько маленьких странных пятнышек, то слушатели замерли в напряжённом ожидании, однако всё ещё не совсем убеждённые в правильности изображения на экране. Но когда был показан пятый снимок, первая типичная диаграмма Лауэ с регулярно и аккуратно на различных расстояниях от центра расположенными интерферентными точками, полученная при облучении кристалла цинковой обманки, установленного под определённым углом к первичному пучку, то по залу прошло всеобщее, едва сдерживаемое „Ах!“». Каждый из нас чувствовал, что он присутствует при великом событии, что здесь впервые в до сих пор непроницаемой стене была пробита брешь, которая вела из тогдашних потёмков сокровенных и мучительных тайн в мир света нового знания и открывала взору широкие многообещающие дали».*

Можно сказать, что открытие интерференции рентгеновских лучей, которым увенчался путь исследований, предложенный К. Рёнтгеном, принадлежит к самым значительным физическим открытиям истории науки. Оно подтвердило, что рентгеновские лучи являются коротковолновым электромагнитным излучением, а обнаружение их интерференции в кристаллах превратило давнюю гипотезу кристаллографов о пространственной атомной решётке в достоверный экспериментальный факт.



Вильгельм Оствальд
(1853–1932 (79))
Ноб. пр., хим. 1909 (56)



Людвиг Больцман
(1844–1906 (62))



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

Огромное значение имело открытие М. Лауэ и для атомных представлений. Оно дало ключ к качественному и количественному исследованию атомной структуры материи. С его помощью стало возможным заглянуть в строение электронной оболочки атома и физическими методами определить порядковый номер элемента в Периодической системе Д. И. Менделеева. В соединении с созданной почти одновременно камерой Ч. Вильсона, которая делала непосредственно видимыми траектории отдельных движущихся атомов и атомных частиц, открытие Макса Лауэ устранило последние сомнения относительно существования атомов.

«Атомы стали видимыми!» – писал в 1913 году Вильгельм Оствальд, который всего несколько лет назад принадлежал к самым ярким противникам атомизма.

Макс фон Лауэ неоднократно подчёркивал, что **«без уверенности в существовании атомов он никогда бы не пришёл к мысли начать свои опыты с просвечиванием»**. Решающая битва за атомизм была выиграна. Столетия, необходимые, по мнению Людвигу Больцмана (1844–1906 (62)), **«для победы учения об атоме»**, превратились всего в несколько лет.

Рентгеновская спектроскопия развивалась теперь как отрасль оптической спектроскопии. Последствия открытия М. Лауэ в технике и промышленности необозримы. М. Лауэ буквально проснулся всемирно знаменитым. В год открытия Макс Лауэ был приглашён в Цюрихский университет в качестве профессора теоретической физики. Там он занял место, бывшее первой профессурой А. Эйнштейна, который в это же время (после своего возвращения в Цюрих из Немецкого университета в Праге) работал в Высшей технической школе. В Цюрихе упрочилась дружба обоих ровесников, зародившаяся ещё шесть лет назад, когда А. Эйнштейн жил в Бёрне и работал в Бюро патентов, а М. Лауэ – в Берлине у М. Планка. Именно Макс Лауэ, тогда ассистент Макса Планка, поехал в Швейцарию по просьбе своего шефа, чтобы обсудить с создателем теории относительности некоторые вопросы новой теории.

Раннее знакомство с вопросами специальной теории относительности позволило Максону Лауэ в сравнительно короткое время написать первое монографическое изложение нового учения. Оно, как указано ранее, было опубликовано в 1911 году под названием «*Принцип относительности*».

Макс фон Лауэ получил Нобелевскую премию в 1914 году в возрасте 35 лет «за открытие дифракции рентгеновских лучей в кристаллах» и был пятым немецким физиком, награждённым Нобелевской премией, после Конрада Вильгельма Рёнтгена (в 1901 году (56) «в знак признания необычайно важных заслуг перед наукой, выразившихся в открытии замечательных лучей, названных впоследствии в его честь»), Филиппа Ленарда (в 1905 году (43) «за работы по катодным лучам»), Фердинанда Брауна (в 1909 году (59) (совместно с Г. Маркони) «в знак признания их вклада в создание беспроволочного телеграфа») и Вильгельма Вина (в 1911 году (47) «за открытия в области законов, управляющих тепловым излучением»). Макс Лауэ получил Нобелевскую премию намного раньше, чем его учитель Макс Планк (Ноб. пр. 1918) и его друг Альберт Эйнштейн (Ноб. пр. 1922).

Чувство справедливости не позволило Максону Лауэ претендовать на всю полагающуюся при награждении денежную сумму. Треть её он публично передал своим помощникам по экспериментам. Спустя полвека Вальтер Фридрих писал: «**Годы сотрудничества с Максом фон Лауэ, благодаря его гармоническому и глубоко коллегиальному характеру, всегда будут для меня самыми лучшими воспоминаниями в моей жизни**». С конца 1913 года В. Фридрих полностью переключился на применение рентгеновских лучей в биологии и медицине, с 1914 года он руководил во Фрейбурге физической лабораторией в университетской гинекологической клинике и разрабатывал там основы рентгенотерапии. В 1917 году он получил право преподавания общей физики и в 1921 году был назначен профессором. С 1923 года В. Фридрих руководил специально для него созданной кафедрой излучения на медицинском факультете Берлинского университета.

Другой помощник Макса Лауэ, Пауль Книппинг, продолжал работать в области интерференции рентгеновских лучей.

Макс фон Лауэ после двух лет работы в Цюрихе получил приглашение занять кафедру физики в только что основанном университете во Франкфурте-на-



Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)



Вальтер Фридрих
(1883–1968 (85))

Майне. В 1919 году М. Лауэ возвратился в качестве профессора теоретической физики в Берлинский университет, который он покинул 10 лет назад, будучи приват-доцентом. Это был своего рода обмен с Максом Борном, который после четырёхлетней работы в Берлине принял кафедру Макса фон Лауэ во Франкфурте-на-Майне.

Теоретик Макс Борн говорил об открытии Макса фон Лауэ: **«Сколько физиков уже пропускали рентгеновские лучи через кристаллы, не замечая дифракции лучей. Нужна была способность мысленно увидеть лучи прежде, чем они появятся на пластинке. Именно в этом заслуга Лауэ».**

Для Макса фон Лауэ Берлинский университет был **«духовной родиной»**, причём именно университет, а не город, как он сам подчёркивал в автобиографии. Как и Альберт Эйнштейн, он **«всегда чувствовал нерасположение к большим городам»**. Посчитав его студенческие и ассистентские годы, можно сказать, что учёный почти три десятилетия был связан с университетом в Берлине. В период Веймарской республики он много работал вместе с Максом Планком, который передал ему в 1921 году руководство институтом. Позднее Макс фон Лауэ работал вместе с Эрвином Шрёдингером, а в годы Второй мировой войны – вместе с Вернером Гейзенбергом.

В 1920 году Прусская академия наук, по ходатайству Макса Планка, единогласно избрала Макса фон Лауэ своим действительным членом. В 20-е годы XX века в Берлинском университете работала плеяда великих немецких физиков: Макс Планк (Ноб. пр. 1918), Альберт Эйнштейн (Ноб. пр. 1922), Макс фон Лауэ (Ноб. пр. 1914), Эрвин Шрёдингер (Ноб. пр. 1933), Вернер Гейзенберг (Ноб. пр. 1932), Вальтер Нернст (Ноб. пр., хим. 1920).

С 1922 года Макс фон Лауэ вёл регулярные собрания выдающихся физиков того времени, собиравшихся на легендарные коллоквиумы в Физическом институте на Рейхстаугуфер. Начало коллоквиуму положил ещё Генрих Рубенс, скончавшийся в 1922 году. По словам Макса Планка, **«душой»** коллоквиумов был Макс фон Лауэ.

Макс фон Лауэ обладал незаурядными педагогическими способностями. Наряду со своими великими коллегами он способствовал необычайно высокому уровню преподавания физики в Берлинском университете как в годы Веймарской республики, так и в годы Второй мировой войны, когда А. Эйнштейна и Э. Шрёдингера уже не было в Берлине, а М. Планк и В. Нернст были смещены со своих профессорских мест. Еще в 1939 году М. Планк писал о М. Лауэ: **«Без его влияния была бы немыслима специальная подготовка по теоретической физике в Берлинском университете».**



Лео Сцилард
(1898–1964 (66))

Учениками Макса фон Лауэ в берлинский период были Лео Сцилард (1898–1964 (66)) и Фриц Лондон (1900–1954 (54)). Лео Сцилард, эмигрировав от фашизма, составил в 1939 году текст письма

Альберта Эйнштейна к президенту США Франклину Д. Рузвельту (1882–1945 (63), 32-й Президент США 1933–1945) о необходимости начала работ по созданию атомной бомбы. Фриц Лондон стал известен благодаря своим достижениям в области сверхпроводимости.

Макс фон Лауэ занимался теорией сверхпроводимости, опубликовал почти 20 работ, в том числе одну книгу. Он расширил своё объяснение интерференции рентгеновских лучей. В статье к 50-летию юбилею Макса фон Лауэ, 9 октября 1929 года, Макс Планк так определил научную индивидуальность своего самого известного и самого любимого ученика: *«Движущая сила его идей заключается во все-стороннем углублении научного познания, в радости наблюдения стройности и чистоты теории, словом, в стремлении продумать, по возможности, до конца каждую физическую идею и испытать её в таких областях, для которых она первоначально не была предназначена».*

Как и большинство крупных физиков, Макс Лауэ не был односторонним специалистом-учёным. Он интересовался искусством, любил музыку, сам играл на фортепиано.

Лизе Мейтнер называла Макса фон Лауэ *«превосходным и благоговейным наблюдателем природы»*. Более всего он восхищался красотами высокогорья, которые очень любил. Часто рассказывал о своих совместных путешествиях в горы с Отто Ганом, Рудольфом Ладенбургом (1882–1952 (70)), Вилли Вином.

М. Лауэ осуждал войну как средство решения политических проблем, он был решительным противником фашизма уже у его истоков и отвергал любую форму расового неравенства, выступал с необычайной резкостью и непримиримостью против антисемитизма.

Макс фон Лауэ при всех нападках на Альберта Эйнштейна незамедлительно реагировал и защищал своего друга и великого физика. Когда Прусская академия 1 апреля 1933 года официально осудила Альберта Эйнштейна, Макс фон Лауэ призвал созвать чрезвычайное пленарное заседание академии 6 апреля, но не смог отстоять вопреки мнению большинства своё предложение о немедленном публичном признании академией научных достижений Альберта Эйнштейна и её заступничества за учёного.



Фриц Лондон
(1900–1954 (54))



Лизе Мейтнер
(1878–1968 (90))



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

До конца своих дней Макс фон Лауэ не мог простить Максу Планку, своему учителю и ответственному секретарю академии, что тот уклонился от участия в деле Альберта Эйнштейна и не вернулся в Берлин из своей начавшейся научной командировки в Италию. Заместитель М. Планка в это время позволил составить и распространить от имени академии позорное заявление с осуждением действий А. Эйнштейна.

Несомненно, именно Макс фон Лауэ следует приписать то, что Макс Планк после своего возвращения из Сицилии на пленарном заседании 11 мая 1933 года точно и недвусмысленно высказал мнение большинства немецких физиков об Альберте Эйнштейне как об исследователе. А в сентябре 1933 года на открытии съезда физиков в Вюрцбурге Макс фон Лауэ высказался против политики *«коричневых властителей»* по отношению к науке. Физик-нацист Иоганнес Штарк (1874–1957 (83); Ноб. пр. 1919 (45)) немедленно ответил на речь М. Лауэ открытой угрозой применения силы против всех учёных, которые не подчиняются добровольно национал-социалистическим воззрениям и требованиям.

В конце 1933 года в Берлинскую академию наук фашист И. Штарк не был принят, и произошло это из-за решительного выступления М. Лауэ против его избрания. В начале 1934 года И. Штарк стал главой Физико-технического института и досрочно освободил Макса фон Лауэ с поста консультанта по вопросам теории. Смещён был также и Вальтер Мейснер (1882–1974 (92)), друг М. Лауэ.

М. Лауэ относится к тем немногим крупным естествоиспытателям Германии в самый страшный период её истории, которые не сложили оружия в условиях *«коричневого террора»* и не сделали ни малейшей уступки фашистской идеологии. Даже в официальных документах он избегал принятых тогда приветствий или чего-либо похожего на них. Больше всего возмущало физика преследование учёных по расовым мотивам.



Фриц Габер
(1868–1934 (66))
Ноб. пр., хим. 1918 (50)

М. Лауэ выступил в защиту выехавшего из Германии в 1933 году химика Фрица Габера (1868–1934 (66); Ноб. пр., хим. 1918 (50)), добровольно ушедшего с поста директора Института физической химии Общества кайзера Вильгельма в знак протеста против преследования евреев и фашистской политики в отношении науки. Когда он умер в Швейцарии, душевно сломленный бесчеловечностью совершаю-

щегося на его немецкой родине, М. Лауэ опубликовал в феврале 1934 года некролог Фрицу Габеру в «*Naturwissenschaften*».

После своих публичных выступлений нобелевский лауреат Макс фон Лауэ получил выговор от Министерства просвещения. Однако никакие предостережения, распоряжения или **«пожелания»** нацистов не могли помешать Макс фон Лауэ и в дальнейшем говорить об Альберте Эйнштейне и о теории относительности так, как он делал до этого, в то время как большинство коллег в лекциях и публикациях избегали имени А. Эйнштейна и ограничивались осторожными описаниями, стремясь не вызывать осложнений.

Макс фон Лауэ в гитлеровской Германии помогал учёным бежать за границу. Одного знакомого он переправил в Чехословакию на своём автомобиле. Многим эмигрантам всемирно известный физик помогал обосноваться на новом месте, заранее тайно сообщая зарубежным коллегам подробности об их профессиональных достоинствах.

Своего единственного сына М. Лауэ переправил в 1937 году учиться в Принстонский университет в США **«для того, чтобы он не оказался вынужденным отправиться воевать за Гитлера»**. Вместе с Вернером Гейзенбергом он пытался спасти родителей физика-атомщика Самюэля Гаудсмита (1902–1978 (76)), которые были вывезены гестапо из Голландии и брошены в концентрационный лагерь. К сожалению, старания обоих учёных не увенчались успехом.

Можно приводить много событий в тяжёлые для Германии годы, когда Макс фон Лауэ проявлял своё нравственное достоинство великого учёного и гуманиста. Арнольд Зоммерфельд с уважением называл его **«оплотом угнетённых»**, а А. Ф. Иоффе писал: **«В годы фашизма Лауэ занимал передовые позиции, активно помогал жертвам фашизма и боролся с его сторонниками»**.

Всемирно известный физик не уехал из фашистской Германии только потому, что считал своим долгом не покидать поле боя без настоятельной необходимости и не захотел занимать те немногие профессорские места, которые предназначались за границей для эмигрировавших немецких физиков. В автобиографии М. Лауэ подчеркивал: **«Но главное, я хотел быть на месте, чтобы иметь возможность после крушения „третьей империи“ (которое я предсказывал и на которое надеялся) тотчас же приступить к культурному возрождению на руинах, созданных этим государством»**.

Осенью 1943 года Макс фон Лауэ, еще до достижения соответствующего возраста, был отстранён от профессуры в Берлинском университете. На его кафедру, спустя год, нацистский министр просвещения назначил Паскуаля



Самюэль Гаудсмит
(1902–1978 (76))



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)



Вальтер Герлах
(1889–1979 (90))



Отто Ган
(1879–1968 (89))
Ноб. пр., хим. 1944 (65)

Йордана (1902–1980 (78)) из Ростокского университета. П. Йордан, один из основателей квантовой механики, ученик и верный сотрудник Макса Борна и Джеймса Франка (1882–1964 (82); Ноб. пр. 1925 (43)), превратился в фашиста и ревностного штурмовика. Но ему не удалось фактически стать университетским преподавателем, поскольку Институт теоретической физики был сильно разрушен фугасными и зажигательными бомбами и лекции в нём были прекращены.

До середины апреля 1944 года Макс фон Лауэ оставался в Берлине. Он стал свидетелем многих разрушений. Окончание войны учёный встретил вместе с другими естествоиспытателями на юго-западе Германии, в Гёттингене, куда был переведён Физический институт. В апреле 1945 года городок был без сопротивления занят французами. Следовавший за ними англо-американский специальный отряд взял под стражу Макса фон Лауэ и других немецких ученых, подозреваемых в работах по изготовлению атомной бомбы, и доставил их сначала во Францию, а затем в Англию, в Хантингтон. В этой группе, кроме нобелевских лауреатов Макса фон Лауэ (Ноб. пр. 1914), Вернера Гейзенберга (Ноб. пр. 1932), были Вальтер Герлах (1889–1979 (90)), Отто Ган (Ноб. пр., хим. 1944, присуждена в 1945 году как премия за 1944 год) и др. Макс фон Лауэ писал позже: **«Мы не могли пожаловаться на обхождение. После лишений военного времени военный паёк казался нам превосходным... Мы имели английские и американские газеты, журналы, некоторые научные сочинения; при помощи приёмника мы могли слушать выдающиеся музыкальные передачи Лондонского радио. Нередко кто-либо из охранявших нас английских офицеров брал нас в автомобильные поездки по прекрасным окрестностям Хантингтона... Нас возили даже в Лондон... Но мы ни разу не смогли побывать в расположенном недалеко Кембридже; нас могли узнать в этом университетском городе, а наше содержание было строго засекречено».**

Признание заслуг Макса фон Лауэ как учёного и антифашиста выразилось во многих знаках внимания к нему. Например, ему было послано приглашение Королевского общества на празднование 50-летия открытия рентгеновских лучей осенью 1945 года. Но он не мог принять это приглашение, поскольку пребывание немецких ученых в Англии хранилось в тайне. Зато в июле 1946 года Макс фон Лауэ, единственный из немцев, принимал участие в работе Международного конгресса кристаллографов в Лондоне. Достойное поведение Макса фон Лауэ в гитлеровские времена было высоко оценено председательствующим. На последовавших затем Ньютоновских торжествах в Лондоне и Кембридже Макс Планк и Макс фон Лауэ были единственными приглашёнными из Германии.

После возвращения из Англии М. Лауэ жил сначала в Гёттингене и с 1947 года в качестве почетного профессора читал лекции в университете, где сам некогда учился. В этом же году впервые вышла его книга *«История физики»*. Последующие издания М. Лауэ дополнял и обогащал материалами своих лекций. 15 мая 1947 года Альберт Эйнштейн, получивший от Макса Лауэ экземпляр книги, писал ему: ***«С большим восторгом читаю твою „Историю физики“, которая мастерски выделяет самое главное из массы второстепенного. Некоторые исторические детали в ней новы для меня. Следует приветствовать, что человек, с таким глубоким пониманием прослеживающий линию развития, вырвал из рук филологов и торгашей от литературы изображение истории человеческого мышления и раскрыл её как великую драму, очищенную от пыли незначительных подробностей»***.

Среди работ М. Лауэ по истории физики особого внимания заслуживает его статья *«Инерция и энергия»*, которую он написал для юбилейного сборника, посвящённого А. Эйнштейну. Сам А. Эйнштейн очень высоко оценил эту работу и заметил: ***«Историческое исследование развития идей, по моему мнению, имеет непреходящую ценность»***, и предложил, специально отпечатав статью, сделать её ***«вполне доступной студентам»***.

В 1951 году Макс фон Лауэ переселился в Западный Берлин. Здесь он возглавил Институт физической химии и электрохимии Общества им. Макса Планка. По его желанию и предложению он был назван Институтом им. Фрица Габера. На новом посту, до ухода в отставку весной 1959 года (когда М. Лауэ исполнилось 80 лет), весьма кстати пришлась способность учёного быстро вникать в такие проблемы, которые находились вне сферы его собственной работы. В это время институт был оснащён новыми установками и в нём была открыта большая лаборатория низких температур.

Дело всей жизни Макса фон Лауэ завершила работа по проблемам интерференции рентгеновских лучей и кристаллооптики, сделанная им в виде доклада *«Волновые поля рентгеновских лучей в кристаллах»* на заседании Немецкой академии наук в Берлине 4 декабря 1958 года.



Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)

Из философских вопросов современного естествознания Макса Лауэ больше всего занимала проблема причинной обусловленности процессов природы. Ещё в начале 30-х годов XX века учёный обсудил этот вопрос в статье *«О гейзенберговском соотношении неопределённостей и его теоретико-познавательном значении»* в журнале *«Naturwissenschaften»*. Он высказал мнение, которого придерживался до конца: ***«Некоторые понятия классической физики оказались несостоятельными, но лучших пока не существует; статистическая физика с её одними лишь вероятностными высказываниями возникла из этого недостатка»***. М. Лауэ не признавал окончательным статистическое объяснение квантовой механики, особенно в форме, которую предложила копенгагенская школа. Такое толкование казалось ему ***«дурным паллиативом»***. Он считал, что ***«при этом уничтожается принцип причинности, а такая физика не могла вообще быть наукой»***. М. Лауэ придерживался тех же взглядов на статистическую квантовую механику, что и А. Эйнштейн, который в апреле 1950 года в одном из писем к нему заметил: ***«Ты и Шрёдингер – единственные из известных современников, которые в этом деле являются моими единоверцами»***.

Макс фон Лауэ как физик и мыслитель относился к тем людям, которые были горячими сторонниками мира между народами. Весной 1957 года он был среди тех, кто составил и подписал Гёттинггенское обращение против использования атомной энергии в целях массового уничтожения людей. Вальтер Фридрих писал: ***«Лауэ принадлежал к числу лучших представителей немецкой науки, которые выступали за взаимопонимание и мир между немцами, своими непреходящими трудами служили прогрессу человеческого общества»***.

Макс фон Лауэ был членом Берлинской академии наук в течение 40 лет и регулярно принимал участие в её заседаниях. Он активно участвовал в марте 1955 года в проведении в Берлине общественного чествования Альберта Эйнштейна в связи с 50-летием квантовой механики и теории относительности. Благодаря именно Максу фон Лауэ в апреле 1958 года в Берлине состоялись совместные академические торжества по поводу 100-летия Макса Планка.

К Международному симпозиуму по философии и естествознанию, который был проведён в октябре 1959 года по случаю 550-летнего юбилея Лейпцигского университета, Макс фон Лауэ подготовил доклад ***«Теория познания и теория относительности»***.

В марте 1960 года, за несколько недель до своей трагической гибели, Макс фон Лауэ изъявил готовность написать статью о Германе фон Гельмгольце для юбилейного сборника, посвящённого 150-летию Берлинского университета им. Гумбольдта, в котором он много лет работал.

До конца жизни Макс фон Лауэ состоял в переписке со многими выдающимися деятелями науки и культуры, включая советских. В частности, с А. Ф. Иоффе его связывала давняя дружба.

О личности Макса фон Лауэ уже на праздновании его 50-летия говорил его учитель Макс Планк, который подчеркнул то, что *«сколь многим молодым людям он (Макс фон Лауэ) с неизменным терпением помогал словом и делом при всевозможных затруднениях научного, социального и экономического плана. Ни в одном журнале это не описано и ни в одном отчёте не отмечено. Оно живёт только в благодарных сердцах тех, кому он помог выйти на верный путь»*.

Деятельность Макса фон Лауэ была всеохватывающей, рекомендации, подписанные им, имели в научном мире очень большой вес и открывали многие двери. О научном международном признании свидетельствует поток почестей, которые ему оказывались: он был членом и почётным членом почти сорока академий и знаменитых научных обществ, почётным доктором немецких и иностранных университетов и институтов.

На праздновании 80-летия учёного 9 октября 1959 года в числе выступавших были Отто Ган (*Ноб. пр., хим. 1944*), Вальтер Мейснер, Пауль Эвальд. А в приветственном адресе Немецкой академии наук, составленном Густавом Герцем (1887–1975 (*88*); *Ноб. пр. 1925 (38)*), говорилось: *«Ваша научная работа проходила в неповторимое время бурного развития Вашей науки, равного которому не было в истории науки. Но Вам пришлось пережить и такой период в истории нашего немецкого отечества, о котором все мы вспоминаем с тяжёлым чувством. В эти 12 лет Вы являли собой пример стойкости и бесстрашия, и сегодня мы с благодарностью вспоминаем об этом»*.

Макс фон Лауэ 8 апреля 1960 года попал на автодороге в Западном Берлине в тяжёлую катастрофу и 24 апреля скончался от травм.

Отто Ган писал после смерти своего друга: *«С кончиной нашего дорогого Макса фон Лауэ от нас ушёл один из последних друзей 1879 года рождения. Альберт Эйштейн умер 5 лет назад. Ранее берлинский, а затем цюрихский физик Эдгар Мейер умер несколько недель назад. Остаются, как грустно шутит когда-то Макс Планк, самые дерзкие. Среди немногих оставшихся – Лизе Мейтнер, родившаяся в 1878 году, и я. Все, кого я перечислил, кроме меня, были близкими коллегами Макса Лауэ. Я, как химик, имел всё же счастье сблизиться с ним от года к году. Как это бесконечно мучительно терять одного из самых старых и верных друзей. Мир вокруг нас становится беднее»*.

Научные труды Макса фон Лауэ тесно и неразрывно связаны с развитием физики атомного века. Во многом он сам решающим образом содействовал этому развитию и предопределял его. Макс фон Лауэ был крупным и многосторонним физиком, одним из классиков точного естествознания, он был также верным поборником высокой идеи гуманизма.

ГЛАВА 2

РАДИОАКТИВНОСТЬ

Анри БЕККЕРЕЛЬ. Мария и Пьер КЮРИ. Эрнест РЕЗЕРФОРД



Анри Пуанкаре
(1854–1912 (58))

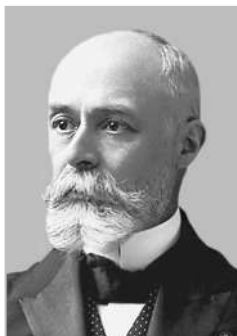
В начале января 1896 года К. В. Рёнтген разослал знакомым коллегам-физикам специальное сообщение об открытии x -лучей. В следующие дни пресса всех стран сообщала о «*сенсационном открытии*» вюрцбургского профессора. Физики бросились проверять данные К. Рёнтгена и пытаться найти новые, пока не наблюдавшиеся лучи.

Теоретики тоже оживились. Анри Пуанкаре (1854–1912 (58)), известный французский математик и физик, на заседании Парижской академии наук сразу же сообщил о рентгеновских лучах. При этом он поставил вопрос: не испускают ли все флуоресцирующие вещества под воздействием солнечного света определённые лучи, подобные x -лучам К. Рёнтгена?

Самопроизвольная радиоактивность

Анри БЕККЕРЕЛЬ
(1852–1908 (56); Ноб. пр. 1903 (51))

На этом заседании был и Анри Беккерель, профессор Высшей технической школы в Париже, который много лет занимался явлениями флуоресценции и фосфоресценции. Следует заметить, что его дед был профессором Парижского музея естественной истории и одним из открывателей электрохимии, а отец был известен своими работами в области флуоресценции и научной фотографии.



Анри Беккерель
(1852–1908 (56))
Ноб. пр. 1903 (51)

Сообщение А. Пуанкаре произвело на А. Беккереля глубокое впечатление, и он сразу же после заседания академии начал экспериментальные поиски и проверки. Для этого он положил флуоресцирующие вещества, среди которых была урановая соль, на фотографические пластинки, завернутые в чёрную светонепроницаемую бумагу, и оставил их на несколько часов под солнечными лучами. После проявления пластинок оказалось, что тот фотографический слой, на котором лежала урановая соль, оказался сильно засвеченным. Анри Беккерель решил, что «*соль урана под действием солнечного света испускает лучи, подобные x -лучам К. Рёнтгена*», которые пронизывают упаковку и химически изменяют фотослой. С таким сообщением он выступил в Парижской академии наук 29 февраля 1896 года.

А уже 2 марта исследователь должен был исправить своё сообщение и уточнить, что **«почернение фотопластинки было и в темноте»**. Дело было в том, что в опытах с урановой смолкой солнечный свет никак не влиял на почернение фотопластинки. Соль урана оказывала точно такое же действие на фотослой и в темноте. Первое сообщение А. Беккереля о существовании внутренней связи между флуоресценцией и испусканием невидимых лучей, подобных x -лучам, не подтвердилось. Оно было слишком поспешным, не в пример сообщению К. Рёнтгена.

Последующие недели опытов показали, что при данном явлении следует говорить о лучах, которые исходят от солей урана непрерывно и без предварительного возбуждения. Планомерные эксперименты привели к тому, что сильнее всего воздействие было у металлического урана. Эти лучи, по аналогии с рентгеновскими лучами, начали называть **«лучами Беккереля»**. Но их сущность оставалась столь же загадочной, как и природа x -лучей.

Вскоре обнаружилось, что А. Беккерель открыл природное явление огромного значения: радиоактивность. Вслед за К. Рёнтгеном был сделан решительный шаг в физику XX столетия. И это был самый первый шаг к исследованию атомного ядра.

Исследования Анри Беккереля стали непосредственным исходным пунктом эпохальных работ Марии и Пьера Кюри.

Радиация

Пьер КЮРИ

(1859–1906 (47); Ноб. пр. 1903 (44))

Мария СКЛОДОВСКАЯ-КЮРИ

(1867–1934 (67); Ноб. пр. 1903 (36); Ноб. пр., хим. 1911 (44))

Мария Склодовская родилась в Варшаве 7 ноября 1867 года в семье педагогов. Её дед был директором гимназии в Люблине. Отец учился в Санкт-Петербургском Императорском университете, а затем преподавал математику и физику в различных средних учебных заведениях Варшавы. Мать много лет руководила школой для девочек. Она умерла, когда Марии было только девять лет.

Жизнь в Польше, входившей тогда в состав Российской империи, была непростой. За польскими частными школами и преподавателями осуществлялся строгий контроль, и заподозренные во враждебных настроениях, как правило, увольнялись. Такая участь постигла и отца Марии: он потерял место и должен был освободить служебную квартиру. Но эти сложные жизненные обстоятельства не помешали ему воспитать своих детей в духе польского патриотизма.



Маня и Броня
Склодовские (1886)

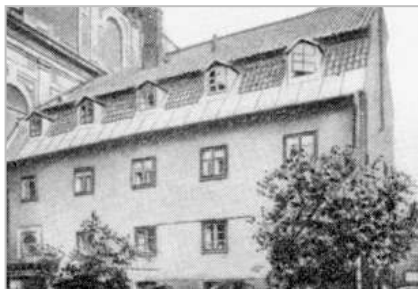


Дом Склодовских в Варшаве

Среднюю школу Мария окончила с золотой медалью. Она обладала необычайной памятью. В школе она изучила четыре языка: русский, на котором велось обучение, французский, немецкий и английский. Позднее она владела этими языками так же свободно, как и родным польским языком. После окончания школы Мария была вынуждена временно отложить свой план учиться в высшем учебном заведении.

В царской Польше не было учебных заведений для женщин, а посещать университет за границей – во Франции или Швейцарии – не хватало средств. Мария сама предложила, чтобы сначала в Париж поехала её старшая сестра, которая хотела стать врачом. Шесть лет Мария Склодовская была гувернанткой в деревне, в доме помещика, далеко от Варшавы. В свободное время она учила детей служащих и рабочих поместья читать и писать по-польски. Она писала подруге в конце 1886 года: ***«Много радости и утешения дают мне эти ребяташки».***

В остававшиеся немногие часы Мария садилась за учебники по физике и математике. В одном из писем она сообщала: ***«Я читаю сразу несколько книг. Последовательное изучение какого-нибудь одного предмета может утомить мой драгоценный мозг, уже достаточно нагруженный. Когда я чувствую себя совершенно неспособной читать книгу плодотворно, я начинаю решать алгебраические и тригонометрические задачи, так как они не терпят погрешностей внимания и возвращают ум на прямой путь».***



Музей промышленности
и сельского хозяйства в Варшаве

В молодости Мария Склодовская поддерживала связь с нелегальными патриотическими движениями. Этому способствовали настроения, царившие в её доме. У Марии формировалось патриотическое сознание, любовь к своему несчастному отечеству. До конца жизни великая исследовательница оставалась страстной польской патриоткой, не порывавшей духовных связей со своей родиной.

В первые годы учительства Мария Склодовская занималась также философскими и социологическими вопросами.

Вернувшись в Варшаву, она год работала учительницей в доме одного фабриканта. А в Музее промышленности и сельского хозяйства, которым руководил один из её родственников, она занималась естественно-научными экспериментами. Здесь Мария Склодовская

впервые поняла, что такое научная лаборатория. В Варшаве она примкнула к тайной организации «Вольный университет», которая проводила вечерние занятия в различных местах города.

В 1891 году, когда ей было 24 года, Мария Склодовская смогла, наконец, поехать в Париж, чтобы начать там изучение физики на естественно-научном факультете Сорбонны. Сначала она жила у сестры, которая уже закончила изучение медицины и вышла замуж за польского врача, имевшего практику в Париже. Через несколько месяцев Мария переселилась в Латинский квартал, чтобы быть ближе к лаборатории.

В силу стеснённых обстоятельств будущий физик жила в нищенских условиях. В комнате на чердаке зимой было так холодно, что вода замерзала в умывальнике. Нужны были крепкое здоровье и железная воля, чтобы выносить такую жизнь не один год.

Вспоминая годы учёбы в Париже, Мария Склодовская писала: *«Эта во многом тяжёлая жизнь была полна для меня своего очарования. Она давала мне драгоценное чувство свободы и независимости. В Париже я ничего не знала и чувствовала себя затерянной в большом городе. То, что я была предоставлена самой себе и жила без какой-либо помощи, меня угнетало. Если даже иногда я и ощущала одиночество, то обычно я всё же была спокойна и исполнена внутреннего удовлетворения. Я концентрировала всю мою волю на учёбе».*

У неё в те годы была лишь одна цель: возможно скорее и успешнее закончить учёбу. И она достигла этой цели. По физике и математике она была, соответственно, первой и второй. Успехи Марии Склодовской позволили друзьям на родине выхлопотать для неё польскую зарубежную стипендию. Это дало ей возможность остаться в Париже ещё на один год, чтобы продолжить экспериментальную работу и подготовить докторскую диссертацию.

После окончания Сорбонны молодой дипломированный физик Мария Склодовская получила от одного из научных обществ заказ определить магнитные свойства различных металлов. Для проведения исследований нужно было помещение большее, чем то, которое предоставлял университет. Об этом Мария должна была позаботиться сама. В поисках лаборатории в начале 1894 года она познакомилась с физиком Пьером Кюри, который преподавал физику и химию в Парижской городской профессиональной школе. Его исследования электрических свойств кристаллов, которые привели к открытию пьезоэлектричества, установлению взаимозависимости магнетизма и температуры, а также созданию прецессионных весов, названных весами Кюри, принесли ему признание специалистов как крупному физику-экспериментатору. Однако П. Кюри работал на плохо оплачиваемом месте, которое не отвечало его возможностям. Скромный и лишённый малей-



Мария Склодовская
(1894)

шего честолюбия учёный, относившийся к числу талантливейших физиков своего времени, он был в середине 90-х годов XIX века почти не известен во Франции, несмотря на то, что в других странах его результаты получили высокую оценку.

Встреча двух людей, Марии Склодовской и Пьера Кюри, которые были преданы физической науке, переросла в тесную дружбу. Мария писала позднее об этом времени: *«Пьер Кюри навещал меня, относясь с простотой и искренностью к моей трудовой жизни. Вскоре он стал говорить мне о своей мечте посвятить всю жизнь научному исследованию и попросил меня разделить с ним эту жизнь. Мне было нелегко решиться, так как это означало разлуку с родиной, семьёй и отказ от проектов общественной деятельности, которые были мне дороги»*.



Мария Склодовская
и Пьер Кюри

В июле 1895 года состоялась свадьба без обычных церковных формальностей, поскольку Пьер был неверующим, а Мария давно преодолела католическую религию, в которой была воспитана. Пьеру Кюри было 36 лет, а Марии — 28. Началась совместная научная работа, хотя первое время они занимались разными исследовательскими темами. В марте 1896 года Мария писала брату: *«Наша жизнь всегда одинакова, однообразна. Мы почти никогда не ходим в театр, не позволяем себе ни в коем случае расслабиться. К Пасхе, вероят-*

но, устроим себе несколько дней каникул и тогда совершим прогулку». Их прогулки обычно были на велосипедах, что позволяло познакомиться с окрестностями Парижа и лучше узнать Францию.

Летом 1896 года Мария Склодовская-Кюри сдала (в числе лучших на курсе) экзамен, дававший ей право преподавания в высшей школе. Теперь настало время выбора темы для докторской диссертации.

Только что открытые Анри Беккерелем лучи урана, неизвестные по своей природе, показались молодому физiku подходящим предметом для исследований. Ей хотелось понять природу этих лучей и выяснить, откуда исходит энергия, постоянно излучаемая солями урана. Она начала свои опыты в кладовой школы, где работал её муж.

Уже в начале 1898 года появились первые интересные результаты. Мария Кюри пришла к убеждению, что при излучении урана можно говорить об особенностях, свойственной не только атомам урана. И как раз в экспериментах, которые сделал в Эрлангене немецкий физик Герхард Шмидт, обнаружилось, что аналогичные лучи испускает и торий.

Именно Мария Кюри назвала свойство определённых атомов испускать лучи **«радиоактивностью»**, а лучистые вещества – **«радиоактивными элементами»**.

Исследуя минералы урановой смолки и халколита, Мария поняла, что **«в них должно быть вещество, которое обладало гораздо большей радиоактивностью, чем уран»**.

В сообщении, которое было в июле 1898 года представлено в Парижской академии наук её учителем Габриэлем Липпманом (1845–1921 (76), Ноб. пр. 1908 (63)) (который получит Нобелевскую премию на пять лет позже своей талантливой ученицы), говорилось от имени Марии и Пьера Кюри: **«Если существование нового металла подтвердится, мы предполагаем назвать его полонием, имея в виду происхождение одного из нас»**. В это время существование нового элемента было доказано физически, но он не был ещё выделен химическим путем.

Пьер Кюри сначала лишь в свободные часы советами помогал своей жене в исследованиях. Но позднее (о чём свидетельствуют записи в лабораторных журналах) он начал участвовать в её работе по поиску неизвестного химического элемента с большой интенсивностью излучения.

В результате полоний был обнаружен как вещество, сопутствующее висмуту. А в конце 1898 года Кюри открыли другой радиоактивный элемент, сопутствующий барию. Он обладал очень большой интенсивностью излучения, и поэтому они назвали его **«радий» («излучающий»)**.

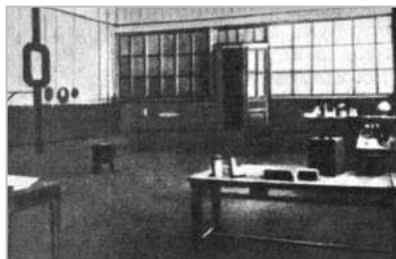
У физиков не было удобной лаборатории, технических условий, не хватало средств на покупку необходимого сырья. Урановая смолка из Иохимсталля в Богемии, которая содержала радий, стоила дорого. Выход был найден в содружестве учёных. Австрийский геолог, исследователь Альп, президент Венской академии наук Эдуард Зюсс (1831–1914 (83)) добился у австрийского правительства, которому подчинялись Иохимсталльские урановые рудники, чтобы французские физики получили тонну шлаков урановой смолки бесплатно. Получатели должны были оплатить только перевоз. Наконец, поступила первая тонна – грязно-коричневая масса, смешанная с иголками сосен богемских Рудных гор, поскольку шлак находился в отвалах под открытым небом.



Габриэль Липпман
(1845–1921 (76))
Ноб. пр. 1908 (63)



Эдуард Зюсс
(1831–1914 (83))



Сарай-лаборатория
Пьера и Марии Кюри

К этому времени после долгих стараний Кюри удалось найти нечто, подобное лаборатории: руководитель школы, где работал Пьер, разрешил использовать старый деревянный сарай, который раньше был прозекторской медицинской факультета. Пол был земляной, стеклянная крыша повреждена, вентиляции не было, для отопления служила железная печь с проржавевшей трубой. Зимой этот сарай едва ли можно

было прогреть, летом под стеклянной крышей было невыносимо жарко, через щели в крыше на рабочие столы капала вода от снега и дождя.

Но работа началась. И, как свидетельствуют очевидцы, *«они трудились, скорее, как рабочие цементного завода, а не как следопыты на охоте за несколькими миллиграммами редкого вещества»*.

Четыре года исследователи работали в тяжелейших условиях и как физики, и как химики, и как техники, лаборанты и рабочие. Однако они оба были счастливы.

«Но как раз в этом деревянном старом сарае, – вспоминала позднее Мария Кюри, – протекли лучшие и счастливейшие годы нашей жизни. Нередко я готовила какую-нибудь пищу тут же, чтобы не прерывать ход особо важной операции. Иногда весь день я перемешивала кипящую массу железным шкворнем длиной почти в мой рост. Вечером я валилась от усталости».

Все свойства нового элемента – радия – были определены уже к 1902 году. Позднее Мария более точно определила атомный вес и получила радий как чистый металл. *«Неслыханная»* интенсивность излучения, которую Кюри предполагали у радия, подтвердилась: он излучал в $2 \cdot 10^6$ раз сильнее, чем уран, на излучение которого обратил внимание Анри Беккерель в 1896 году. Результат, полученный Марией и Пьером Кюри, послужил фундаментом нового учения о радиоактивности.

Первооткрыватели и «добытчики» радия, блестящего белого металла, постоянно самопроизвольно испускающего тепло, любовались в тёмном сарае красивым сиянием, исходящим от металла и его солей. Свет был так ярок, что вблизи трубочек, где хранился металл и его соли, можно было даже разобрать печатный текст.

Интерес к результатам исследований Кюри рос в мире. Однако это ничем не облегчало их тяжёлую борьбу за существование и возможность проводить свои трудные и кропотливые исследования. Пьер продолжал преподавать физику и химию в Городской профессиональной школе, Мария была доцентом в учебном заведении, готовившем учительниц. Приглашение, пришедшее Пьеру из Женевского университета, он отклонил, поскольку это помешало бы иссле-

дованию радия: перемещение сырья и приборов из Парижа было весьма затруднительно и затянуло бы дальнейшее проведение работ на многие месяцы.

Профессуры по физической химии и минералогии в Сорбонне, на которые мог претендовать Пьер Кюри, предоставлялись другим, менее значительным учёным, его избрание в Парижскую академию наук в 1902 году натолкнулось на сопротивление реакционно настроенных учёных, которые не желали иметь в своих рядах атеиста и демократа.

Годами Пьеру и Марии Кюри отказывали в профессиональной деятельности, которая оставляла бы им достаточно времени для исследовательской работы, и в рабочем помещении, более подходящем для их трудных и утомительных экспериментов. Они по-прежнему должны были перерабатывать в старом протекающем сарае тонны шлака урановой смолки, иногда и под открытым небом, если едкий дым, который появлялся при химических реакциях, делал невозможной работу внутри.

За шесть лет, последовавших за открытием радия, оба учёных опубликовали свыше 30 научных работ, часть из них – совместно с другими физиками и химиками.

Как и Конрад Рёнтген, Мария и Пьер Кюри отказались от какой-либо патентной защиты разработанных ими методов, позволивших открыть новые элементы. *«Радий не должен никого обогатить»,* – сказала Мария Кюри одной американской писательнице в 1920 году. – *«Это элемент. Он принадлежит всему миру».*

Всё количество радия, которое она получила за многие годы, было передано созданной позднее лаборатории.

На 36-м году жизни, в 1903 году, Мария Кюри защитила в Сорбонне докторскую диссертацию на тему *«Исследование радиоактивных веществ».*

В этом же 1903 году, вместе с Анри Беккерелем (*«в знак признания его выдающихся заслуг, выразившихся в открытии самопроизвольной радиоактивности»*), Пьер и Мария Кюри получили Нобелевскую премию по физике *«в знак признания их совместных исследований явлений радиации, открытых профессором Анри Беккерелем».*

Поскольку Кюри были не совсем здоровы, то премию за них в Стокгольме получил французский посланник, и лишь через полтора года, в июне 1905 года, они поехали в Стокгольм, где Пьер Кюри прочитал традиционный нобелевский доклад. В своём докладе он сказал прозорливо, что *«в преступных целях радий может быть очень опасным».* При этом он задал вопрос: *«Является ли вообще благом для человечества проникновение в тайны природы, достаточно ли оно созрело, чтобы поставить себе на службу открытые законы природы?»*



Мария Кюри (1903)



Пьер (1859–1906 (47))
Ноб. пр. 1903 (44)
и Мария
(1867–1934 (67))
Ноб. пр. 1903 (36)
Ноб. пр., хим. 1911 (44)
Кюри



Вильгельм Оствальд
(1853–1932 (79))
Ноб. пр., хим. 1909 (56)

Через сорок лет после Кюри вопрос этот встанет перед человечеством со всей остротой.

Пьер Кюри, как и Альфред Нобель (создатель взрывчатого вещества, а не только основатель международной научной премии), был убеждён в том, что *«человечество способно поставить новые открытия на службу добра, а не зла»*.

После получения супругами Кюри Нобелевской премии сарай стал местом паломничества не только журналистов, но и учёных. Вильгельм Оствальд, который осматривал эту *«лабораторию»* в отсутствие Кюри, писал: *«Это было нечто среднее между канюшиной и подвалом для картофеля, и если бы я не увидел рабочих столов с химическими приборами, то подумал бы, что надо мной подиутили»*.

Присуждение Нобелевской премии принесло супругам Кюри мировую славу и для них стало большой финансовой поддержкой. Денежная сумма премии позволила учёным облегчить свой труд. Только теперь они смогли нанять технического помощника, который избавил бы их, по крайней мере, от самой грубой и тяжёлой работы, а также купить некоторые недоступные для них ранее приборы и аппараты. Пьер оставил преподавание, чтобы заняться только исследованиями, Мария, увлечённая преподавательской деятельностью, осталась доцентом Педагогического института.

Лишь через два года после получения Нобелевской премии Пьер Кюри был избран членом Парижской академии наук, выполнив при этом неприятную обязанность: нанёс обязательные визиты. Но и теперь было 22 голоса против, так что он был, по его же словам, *«на волосок от провала»*, как и в 1902 году.

Он писал через полгода после избрания, осенью 1905 года: *«В понедельник я был в академии, но откровенно спрашиваю себя, что мне там делать ... интерес самих заседаний ничтожный. Вообще непонятно, для чего, собственно, существуют академии?»*

Наконец, в том же 1905 году была создана кафедра физики для Пьера Кюри в Парижском университете, но без лаборатории, поскольку, как всегда, не хватило средств. Когда учёный по этой причине решил отказаться от преподавания, в Сорбонне освободили несколько подсобных помещений, и нобелевский лауреат Мария Кюри, проводившая исследования радия бесплатно и на правах гостыи в чужих помещениях, могла теперь получить место штатной ассистентки!

Дочь Кюри, Ева Кюри (1904–2007 (103)), с горечью писала в своей книге *«Мария Кюри»* об отношении французских властей к её родителям: **«Франция оказалась последней страной, которая признала их: потребовалась медаль Дэви (1903 год, медаль Королевского общества в Лондоне) и Нобелевская премия, чтобы Парижский университет предоставил Пьеру Кюри кафедру физики».**

Революция 1905 года в царской России вызвала у польской патриотки Марии Склодовской-Кюри глубокое сочувствие. Из средств Нобелевской премии она послала на родину для поддержки восставших крупную сумму.

На одном из парижских перекрестков под колесами конного экипажа 19 апреля 1906 года оборвалась жизнь Пьера Кюри. Счастливое научное сотрудничество Марии и Пьера, начавшееся весной 1898 года, увенчанное Нобелевской премией по физике, продолжалось всего восемь лет. Эта трагическая смерть потрясла Марию: **«Моя жизнь до такой степени разбита, что уже больше не устроится»**, – писала она в 1907 году. Ей пришлось одной работать в лаборатории, продолжать экспериментальные исследования и воспитывать двух своих дочерей. Тяжёлый удар судьбы усилил жёсткость её характера. Это в некоторой мере объясняет то непонятное упрямство, которое проявляла **«знаменитая вдова»**, как её часто называли в газетах, во многих вопросах, например, в 1912 году при окончательном определении международного эталона атомного веса радия.

С 1 мая 1906 года руководство Сорбонны доверило Марии Кюри продолжить преподавательскую работу её мужа в университете. Через два года она была назначена профессором и получила кафедру. Мария Склодовская-Кюри стала первой женщиной, которая заняла такое место во французском университете. Её лекции по радиоактивности, вышедшие вскоре отдельной книгой, получили всемирную известность.

Мария Кюри написала в биографии Пьера Кюри: **«Жизнь великого учёного в лаборатории не спокойная идиллия, как думают многие: она чаще всего – упорная борьба с миром, с окружающими и с самой собой. Среди дней плодотворной работы попадают дни сомнений, когда ничто как будто не выходит, когда сама материя кажется враждебной, и тогда надо бороться с отчаянием».**



Ева Кюри
(1904–2007 (103))



Пьер Кюри
(1859–1906 (47))
Ноб. пр. 1903 (44)



Университет
Сорбонна в Париже



Эрнест Резерфорд
(1871–1937 (66))
Ноб. пр., хим. 1908 (37)



Фредерик Содди
(1877–1956 (79))
Ноб. пр., хим. 1921 (44)



Конрад Вильгельм
Рёнтген
(1845–1923 (78))
Ноб. пр. 1901 (56)

Уже в начале нового XX столетия стало очевидным эпохальное значение работ супругов Кюри. Открытие радия ускорило начавшийся благодаря открытию рентгеновских лучей крах механистической картины природы. Классическая механика была потрясена до основания, когда, по выражению Анри Пуанкаре, *«великий революционер радий»* вступил на арену науки. Ещё загадочные лучи Рёнтгена действовали ошеломляюще. После же открытия радия и связанных с этим исследований, в особенности после работ Эрнеста Резерфорда и Фредерика Содди (1877–1956 (79), Ноб. пр., хим. 1921 (44)), в распаде атомов нельзя было сомневаться.

Открытия Конрада Рёнтгена и Пьера и Марии Кюри оказали сильное влияние на медицину. Пьер Кюри одним из первых испытал на себе физиологическое действие радия. Он описал наступающие при этом явления с объективностью стороннего наблюдателя. Вскоре была начата большая исследовательская работа в этой области, и радиотерапия, а её ещё называли *«кюриотерапия»*, заняла место рядом с рентгенотерапией и развилась в новую отрасль практической медицины.

В лаборатории профессор Мария Кюри работала над совершенствованием методов измерения, поскольку повышение точности измерений имело большое значение для прогресса исследований. Некоторые из методов, созданных Марией Кюри, до сих пор используются при изучении радиоактивности. И в 1911 году впервые в истории науки Мария Кюри получила вторую Нобелевскую премию, теперь по химии *«за выдающиеся заслуги в развитии химии: открытие элементов радия и полония, выделение радия и изучение природы и соединений этого замечательного элемента»*.

К 1911 году, за 10 лет существования Нобелевских премий, награждение дважды одного учёного было исключением. Посмотрим на современное состояние таких необычных совпадений.

Здесь, кажется, для удобства чтения, уместно сделать исключение из правил изложения: напомнить читателю, что рядом с фамилией учёного в

скобках указаны годы жизни, жирным шрифтом – возраст при кончине. Далее в скобках жирным шрифтом – возраст получения Нобелевской премии.

Конечно, семья Кюри – Пьер Кюри, Мария Склодовская-Кюри, Ирен и Фредерик Жолио-Кюри – это, действительно, необычно: впервые две премии у одного учёного и у родителей и дочери.

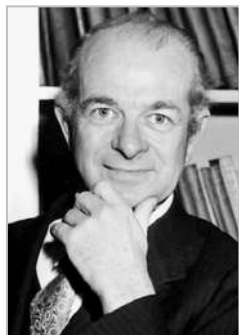
Итак, в 1903 году Пьер Кюри (в **44** года) и Мария Склодовская-Кюри (в **36** лет) получают Нобелевскую премию по физике *«в знак признания их совместных исследований явлений радиации, открытых профессором Анри Беккерелем»*. Это третья Нобелевская премия по физике в истории (первая – в 1901 году у К. В. Рёнтгена *«в знак признания необычайно важных заслуг перед наукой, выразившихся в открытии замечательных лучей, названных впоследствии в его честь»*; вторая – в 1902 году у Х. А. Лорентца и П. Зеемана (1865–1943 (**78**); (**37**) *«в знак признания выдающегося вклада, который они внесли своими исследованиями влияния магнетизма на излучения»*). В 1911 году в возрасте **44** лет Мария Кюри получает, как отмечалось ранее, вторую Нобелевскую премию, но по химии *«за выдающиеся заслуги в развитии химии: открытие элементов радия и полония, выделение радия и изучение природы и соединений этого замечательного элемента»*. Через 24 года дочь Пьера и Марии Кюри, Ирен в возрасте **38** лет вместе с мужем Жолио (в **35** лет) получают Нобелевскую премию по химии *«за выполненный синтез новых радиоактивных элементов»*. На этом история Нобелевских премий в семье Кюри не заканчивается. В 1965 году Нобелевский комитет присуждает премию мира Детскому фонду Организации Объединённых Наций (ЮНИСЕФ) *«в знак признания роли ЮНИСЕФ в утверждении братства между народами»*. В составе делегации ЮНИСЕФ в Стокгольме был муж Евы Кюри (дочери Пьера и Марии) Генри Лабуасс (1904–1987 (**83**)), американский дипломат, директор Детского фонда ООН, принявший Нобелевскую премию от имени фонда.

В вековой истории присуждения Нобелевских премий, начиная с Марии Кюри, дважды лауреатами становились только четыре раза.

Второй раз дважды лауреатом Нобелевской премии стал Лайнус Полинг (1901–1994 (**93**)). В 1954 году в возрасте **53** лет он получил премию по химии



*Ирен (1897–1956 (**59**))
Ноб. пр., хим. 1935 (**38**)
и Фредерик
(1900–1958 (**58**))
Ноб. пр., хим. 1935 (**35**)
Жолио-Кюри*



*Лайнус Полинг
(1901–1994 (**93**))
Ноб. пр., хим. 1954 (**53**)
Ноб. пр. мира 1962 (**61**)*



Джон Бардин (1908–1991 (83))

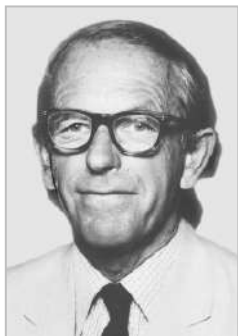
Ноб. пр. 1956 (48), 1972 (64),

Уильям Шокли (1910–1989 (79))

Ноб. пр. 1956 (46),

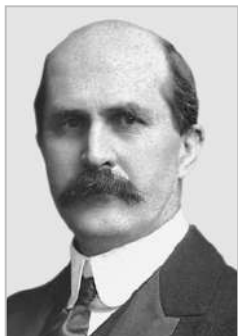
Уолтер Браттейн (1902–1987 (85))

*Ноб. пр. 1956 (54) в лаборатории
«Белл-телефон» (1947)*



Фредерик Сенгер

*(р. 1918) Ноб. пр., хим.
1958 (40), 1980 (62)*



Уильям Генри Брэгг-отец (1862–1942 (80))

Ноб. пр. 1915 (53)

«за исследование природы химической связи и её применение для определения структуры соединений». А в 1962 году (в 61 год) он был удостоен Нобелевской премии мира «за договор о запрещении ядерного оружия между США, СССР и Великобританией, в основе которого лежал проект Л. Полинга».

Третьим дважды лауреатом стал знаменитый физик Джон Бардин (1908–1991 (83)). Первую премию по физике он получил в 1956 году (в 48 лет) *«за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта»* совместно с

Уильямом Шокли (1910–1989 (79); (46)) и Уолтером Браттейном (1902–1987 (85); (54)). Не присудить Дж. Бардину вторую Нобелевскую премию по физике *«за совместное создание теории сверхпроводимости, обычно называемой БКШ-теорией»* в 1972 году (в возрасте 64 лет) совместно с Леоном Сенгер Купером (1930 (42)) и Дж. Шриффером (1931 (41)) Нобелевский комитет не мог, поскольку теория явления сверхпроводимости должна была быть удостоена Нобелевской премии по физике.

Четвёртым дважды лауреатом Нобелевской премии, причём тоже в одной номинации, но по химии, является Фредерик Сенгер (р. 1918). В 1958 году в возрасте 40 лет он получил премию *«за установление структур белков, особенно инсулина»*, а в 1980 году (в 62 года) совместно с Уолтером Гилбертом (1932 (48)) *«за вклад в установление основных последовательностей в нуклеиновых кислотах»*.

Также, начиная с семьи Кюри, в истории науки есть прецеденты получения премий родителями и детьми, правда в отличие от Марии Кюри и Ирен Жолио-Кюри – отцами и сыновьями.

Конечно же, в первую очередь это лауреаты Нобелевской премии по физике 1915 года – отец Уильям Генри (1862–1942 (80); (53)) и сын



Уильям Лоуренс Брэгг-сын (1890–1971 (81))
Ноб. пр. 1915 (25)



Нильс Бор (1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)



Оге Бор (1922–2009 (87))
Ноб. пр. 1975 (53)

Уильям Лоуренс (1890–1971 (81); (25)) Брэгги «за заслуги в исследовании структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей».

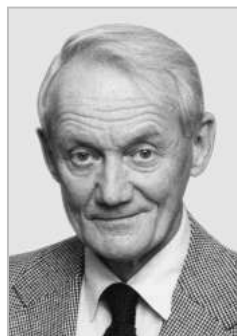
Отец и сын Боры. В 1922 году Нильс Бор (1885–1962 (77)) в возрасте 37 лет получил Нобелевскую премию по физике «за заслуги в исследовании строения атомов и испускаемого ими излучения». А в 1975 году его сын Оге Бор (1922–2009 (87)) в 53 года был также удостоен Нобелевской премии по физике «за открытие взаимосвязи между коллективным движением и движением отдельной частицы в атомном ядре и развитие теории строения атомного ядра, базирующейся на этой взаимосвязи» (совместно с Б. Р. Моттelsonом (1926 (49)) и Л. Дж. Рейнуотером (1917–1986 (69); (58))).

Сигбаны. В 1924 году Манне Сигбан (1886–1978 (92)) в 38 лет получил премию по физике «за открытия и исследования в области рентгеновской спектроскопии». Его сын Кай Сигбан (1918–2007 (89)) в 1981 году в 63 года стал лауреатом Нобелевской премии по физике «за вклад в развитие электронной микроскопии высокого разрешения» (совместно с Николасом Бломбергенем (1920 (61)) и Артуром Леонардом Шавловым (1921–1999 (78); (60))).

И к настоящему времени пока последняя семья, где отец и сын являются лауреатами Нобелевских премий, – это Корнберги. В 1959 году



Манне Сигбан (1886–1978 (92))
Ноб. пр. 1924 (38)



Кай Сигбан (1918–2007 (89))
Ноб. пр. 1981 (63)



*Артур Корнберг
(1918–2007 (89))
Ноб. пр., физиол. или
мед. 1959 (41)*



*Роджер Корнберг
(р. 1947)
Ноб. пр., хим.
2006 (59)*



*Институт радия
в Париже*

Артур Корнберг (1918–2007 (89)) в 41 год был удостоен Нобелевской премии по физиологии или медицине «за открытие механизмов биологического синтеза рибонуклеиновой и дезоксирибонуклеиновой кислот» (совместно с Северо Очоа (1905–1993 (88); (54))). Его сын Роджер Корнберг (р. 1947) в 2006 году в 59 лет стал лауреатом Нобелевской премии по химии «за исследование механизма копирования клетками генетической информации». Артур Корнберг, кроме Уильяма Генри Брэгга, был единственным отцом – лауреатом Нобелевской премии, увидевшим награждение таким же почётным званием своего сына. В настоящее время Роджер Корнберг является сопредседателем (совместно с лауреатом Нобелевской премии по физике Ж. И. Алфёровым) Консультативного научного совета Фонда «Сколково».



*Консультативный научный совет
Фонда «Сколково»*

Вернёмся к жизненному пути Марии Кюри. Незадолго до награждения её второй Нобелевской премией кандидатура Марии Кюри в Парижскую академию наук была отклонена большинством членов академии. На что первая в мире дважды нобелевский лауреат лишь заметила: **«Я никогда не стану вновь выдвигать свою кандидатуру».**

В 1913 году была организована радиевая лаборатория в Варшаве, на открытие которой после долгих лет приехала Мария Склодовская-Кюри.

Наконец, старания Марии Кюри привели к созданию и строительству Института радия совместно с Сорбонной и Пастеровским институтом на улице, названной именем Пьера Кюри. В нём было создано два отделения: физическое – для дальнейших исследований радиоактивных веществ и медицинское – для выяснения биологического и терапевтического действия радиации.

Первая мировая война прервала исследовательскую работу в Институте радия. Все учёные должны были нести военную службу. Когда немецкие войска рвались к Парижу, Мария Кюри лично перевезла выделенный в долгих экспериментах драгоценный грамм радия в Бордо, где находилось французское правительство. Он был помещён в сейф банка: ни в коем случае радий не должен был попасть к врагу. М. Кюри возвратилась в Париж и поставила на службу здравоохранению свой талант организатора и свой авторитет учёного. Под её руководством было создано двести стационарных рентгеновских установок. Двадцать передвижных рентгеновских аппаратов она оборудовала сама и передала их армии для прифронтовых госпиталей. Вместе с ними она выезжала в госпитали северного и восточного фронтов Франции. Не хватало шофёров, и Мария Кюри научилась водить автомобиль, а в случае необходимости становилась и автомехаником. Позже в своей книге Ева Кюри писала о матери: **«Вряд ли какая-нибудь другая женщина с именем причиняла бы так мало забот. Она забывает о завтраке и обеде, спит где придётся – в комнатке медицинской сестры или же, как это было в Гугштадском госпитале, в палатке. Студентка, некогда мужественно переносившая холод в мансарде, легко превратилась в солдата мировой войны».**



*Мария Кюри
в передвижной
радиологической
лаборатории во время
Первой мировой войны*



*Санитарная машина организованной
Марией Кюри радиологической
службы французской армии*

Причины развязанной мировой войны профессор Мария Кюри, как и большинство учёных воюющих государств, плохо представляла себе. Однако она не принадлежала к тем учёным, которые, по выражению Альберта Эйнштейна, **«с началом войны повели себя так, как будто у них ампутировали головной мозг»**. Свой долг она видела в том, чтобы всеми силами помогать своим французским соотечественникам. Она писала в начале 1915 года Полю Ланжевену: **«Я решила отдать все силы служению своей второй родине»**.

В дополнение к организации радиологической службы на фронтах войны Мария Кюри занималась и подготовкой персонала, численность которого была невелика. Вместе со старшей дочерью Ирен она организовала в своей лаборатории краткосрочные курсы по специальному обучению медсестер. Она объясняла трудные вопросы естествознания понятно и доступно даже для неподготовленных людей.



Мария Кюри
в лаборатории
с дочерью Ирен

Вклад Марии Кюри в развитие медицинской рентгенологии получил признание в 1922 году, когда она первой из женщин была избрана членом Парижской медицинской академии.

В своей книге *«Радиология и война»*, где обобщён опыт в применении и развитии рентгеновской техники и радиевого облучения во время войны, Мария Кюри писала: **«Рентгеновские лучи использовались до войны в ограниченных размерах. Разразившаяся великая катастрофа заставила использовать до конца любые средства; чем более ужасающим становилось число жертв, тем горячее было желание спасти то, что можно спасти, чтобы сохранить и защитить человеческую жизнь»**.

В 1921 году Мария Кюри получила приглашение посетить Соединённые Штаты Америки. Там ей был передан для исследований один грамм радия, который стоил тогда 100 тысяч долларов. Это был подарок выдающемуся учёному от американских женщин, собравших необходимую сумму путём пожертвований. Первооткрывательницу радия встретили восторженно, она была завалена почётными докторскими дипломами, а в конце пребывания в США вынуждена была носить правую руку в повязке, поскольку одна из фанатичных поклонниц вывихнула ей кисть руки при слишком восторженном рукопожатии. Как заметила по этому поводу её дочь Ева, она **«стала жертвой славы»**. И продолжала: **«Она страдала из-за той роли, которую ей навязывали. Она была настолько цельной натурой, что до конца оставалась неспособной усвоить манеру держаться, к которой легко располагает слава: непринуждённость, механическая любезность, нарочитая простота и показная скромность. Она не умела быть знаменитой»**.

Мария Кюри регулярно принимала участие в Сольевевских конгрессах. На одном из них в середине 20-х годов XX века она познакомилась с А. Ф. Иоффе. Когда он в своём многочасовом докладе на французском языке споткнулся, потому что не мог найти нужного французского термина, она крикнула ему из зала: *«Скажите по-русски, я переведу»*.

Когда А. Ф. Иоффе был в Париже, Мария Кюри познакомила его со своим Институтом радия и обсудила с ним некоторые, тогда ещё недостаточно ясные, вопросы молекулярной физики. Она показала приборы Пьера Кюри, которые хранила и которыми всё ещё пользовалась, ценя их достоинства.

А. Ф. Иоффе после посещения института писал: *«Все физики, вышедшие из института Марии Кюри, отличались высоким экспериментальным искусством, строгостью выводов, тщательной проверкой каждого опыта»*.

В 20-е годы XX века Мария Кюри перенесла несколько операций глаз, ей даже угрожала слепота. Однако в 1929 году она во второй раз отправилась в Соединённые Штаты Америки, где ей подарили ещё один грамм радия для Радиевого института в Варшаве. В 1932 году Мария Склодовская-Кюри в последний раз приехала в Варшаву, чтобы передать радий институту.

С 1919 по 1934 годы Институтом радия в Париже было опубликовано около 500 научных трудов, более 30 из них вышло из-под пера Марии Кюри; в остальных она принимала участие как консультант, вникая даже в стилистические детали. В этой блестящей школе радиоактивности сотрудничали друг с другом физики из многих стран мира.

Мария Склодовская-Кюри умерла 4 июля 1934 года в возрасте 67 лет в санатории во французских Альпах от болезни, названной медиками злокачественной анемией, которая была следствием многолетнего неконтролируемого воздействия радиоактивных веществ. Она не дожила полутора лет до очень важного события в её семье: вручения Нобелевской премии по химии за 1935 год её дочери Ирен и её зятю Фредерику Жолио-Кюри.

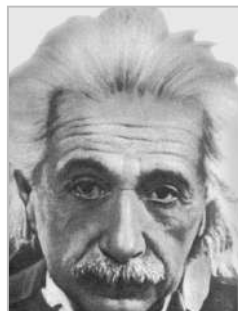
На чествовании в память о Марии Кюри в Нью-Йорке Альберт Эйнштейн сказал: *«Сила её характера, чистота помыслов, требовательность к*



*Абрам Фёдорович
Иоффе
(1880–1960 (80))*



*Памятник Марии Кюри
в Варшаве*



*Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)*

себе, объективность, неподкупность её суждений – все эти качества редко совмещаются в одном человеке. Она в каждый момент чувствовала, что служит обществу, и её большая скромность не оставляла места для самолюбования. Её постоянно угнетало чувство жестокости и несправедливости общества. Именно это придавало ей вид внешней строгости, так легко неправильно понимаемой теми, кто не был ей близок, – странной строгости, не смягчённой каким-либо искусственным усилием».

Природа радиоактивности

Эрнест РЕЗЕРФОРД

(1871–1937 (66); Ноб. пр., хим. 1908 (37))

Эрнест Резерфорд родился 30 августа 1871 года в Новой Зеландии, вблизи города Нельсон, название которого он позднее присоединит к своей фамилии, когда за научные заслуги ему будет пожалован титул лорда.



Эрнест Резерфорд
(1871–1937 (66))
Ноб. пр., хим. 1908 (37)

Его предки были ремесленниками, эмигрантами из Шотландии. От них он унаследовал любовь к ручному труду и всю жизнь работал с простыми приборами, которые сам же и изготавливал. С их помощью были сделаны его величайшие открытия.

Изучение физики, начатое на родине в Новой Зеландии, молодой Э. Резерфорд, способности которого довольно рано проявились, продолжил в Англии.

В Кембридже, в Кавендишской лаборатории, он стал учеником Джозефа Джона Томсона, который в 1897 году (41) измерил заряд и массу электрона, а уже в 1899 году разработал теорию движения электрона в магнитном и электрическом полях. В 1906 году в возрасте 50 лет Дж. Дж. Томсон получил Нобелевскую премию по физике «в знак признания его выдающихся заслуг в области теоретических и экспериментальных исследований проводимости электричества в газах», всего на два года раньше, чем его талантливый ученик. В Англии Э. Резерфорд успешно занимался катодными и рентгеновскими лучами. И уже в 1899 году он получил место профессора в Канаде, в Монреале.



Джозеф Джон Томсон
(1856–1940 (84))
Ноб. пр. 1906 (50)

Вскоре после открытия супругами Кюри радия Эрнестом Резерфордом и другими исследователями было обнаружено, что при распаде радия выделяются

три вида лучей: α -, β -, γ -лучи – и благородный газ радон, а также был найден закон радиоактивного распада.

Эрнест Резерфорд считал, что радиоактивность можно объяснить, если предположить, что атомы урана, радия, полония, тория не являются *«неделимыми частицами вещества, а постоянно самопроизвольно распадаются с характерной для каждого радиоактивного элемента скоростью»*.

Исследование законов радиоактивности стало главным в работе Э. Резерфорда. Он первый объяснил явления радиоактивного распада, установил энергетику лучистых веществ и ответил на вопрос о выделении тепла, которое сопровождает радиоактивное излучение. Э. Резерфорд был прирождённым физиком-экспериментатором. У него было недоверие экспериментатора к *«только теоретикам»*. Он любил говорить о теоретиках: *«Они играют символами, а мы раскрываем действительные, достоверные факты»*. Так же думали и многие другие исследователи того времени, но не каждый выражался столь недвусмысленно. Однако Э. Резерфорд все-таки не отрицал роль теории. Он видел необходимость подъёма физической науки на рубеже XIX–XX веков в тесной связи теории с практикой и считал необходимым и неизбежным сотрудничество университетских институтов с промышленностью.

Эрнеста Резерфорда, как и Майкла Фарадея (1791–1867 (76)), характеризовала ярко выраженная способность к наглядным представлениям. Он обладал гениальным чутьём на важнейшие вопросы и направления, в которых следует искать ответы. Ему была свойственна подлинная беспристрастность при оценке результатов экспериментов, никогда у него не было тщеславия и неуступчивости в вопросах науки, свойственных иногда, например, Марии Кюри. У него всегда речь шла о деле.

Отто Ган, ученик Э. Резерфорда в Монреале, так описывал личность своего учителя: *«В Монреале Резерфорд был признан повсеместно и без всякой зависти руководителем научных исследований. Как-то на одном коллоквиуме, проводимом совместно с химиками, после окончания доклада на чисто химическую тему Резерфорд сделал какое-то короткое замечание, однако затем, забыв о повестке дня, в обычной для него вдохновенной манере вдруг стал докладывать о своих последних опытах со столь любимыми им α -лучами. После этого всё другое было забыто»*.

В 1902–1903 годах Эрнестом Резерфордом вместе с Фредериком Содди была разработана теория радиоактивного распада и сформулирован закон радиоактивных превращений. Позднее, уже в Англии,



Отто Ган
(1879–1968 (89))
Ноб. пр., хим. 1944 (65)



*Фредерик Содди
(1877–1956 (79))
Ноб. пр., хим. 1921 (44)*



*Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)*



*Генри Мозли
(1887–1915 (28))*



*Дьёрдь Хевеши
(1885–1966 (81))
Ноб. пр., хим. 1943 (58)*

Ф. Содди в 1913 году установил правило смещения при радиоактивном распаде (закон Содди–Фаянса), ввёл понятие и доказал существование изотопов у свинца, а в 1917 году предсказал изомеры. В 1921 году в 44 года Ф. Содди получил Нобелевскую премию по химии *«за вклад в химию радиоактивных веществ и за проведённое им исследование природы и происхождения изотопов»*.

После работ Эрнеста Резерфорда и его ученика Фредерика Содди в распаде атомов уже нельзя было сомневаться.

Э. Резерфорд переехал в Англию, в Манчестер, в 1907 году и продолжал там свою деятельность в течение 12 лет. Как и в Монреале, у него появились талантливые ученики.

В Манчестере одним из самых талантливых учеников Эрнеста Резерфорда был Нильс Бор. Также там начали работы Генри Мозли (1887–1915 (28)) и Дьёрдь Хевеши (1885–1966 (81), Ноб. пр., хим. 1943 (58)).

Ядерная физика родилась, фактически, после того как Эрнест Резерфорд экспериментально обнаружил ядро атома и создал планетарную модель атома, а его ученик Нильс Бор на основе планетарной модели построил квантовую теорию атома.

В 1908 году Эрнесту Резерфорду в 37 лет была присуждена Нобелевская премия по химии *«за проведённые им исследования в области распада элементов в химии радиоактивных веществ»*. И по этому поводу великий физик XX века в одной из бесед сказал, что Нобелевский комитет в одночасье сделал из физика химика. Однако самое выдающееся и эпохальное достижение Э. Резерфорда состояло в том, что при *«обстреле»* азота быстро-

движущимися ядрами гелия (α -частицами) получался кислород. Это было первое искусственное превращение одного химического элемента в другой, та долго искомая реакция, которую в течение столетий безуспешно искали алхимики. Именно с опытов Э. Резерфорда 1919 года началась эра **«современной алхимии»**, век управляемых внутриатомных превращений.

В том же году Э. Резерфорд был приглашён в Кембридж, чтобы стать преемником своего учителя Дж. Дж. Томсона в Кавендишской лаборатории. Здесь он создал такой коллектив научных работников, о котором Джеймс Максвелл (1831–1879 (48)), основатель лаборатории, мог только мечтать. При выборе своих сотрудников у Э. Резерфорда оказывалась очень счастливая рука. По словам О. Гана, **«совершенно новые огромные знания в исследовании радия почти все исходили вначале от Резерфорда и его школы»**.

К числу учеников Эрнеста Резерфорда принадлежали всемирно известные физики:

– Отто Ган (1879–1968 (89), Ноб. пр., хим. 1944 (65) **«за открытие расщепления тяжёлых ядер»**);

– Фредерик Содди (1877–1956 (79), Ноб. пр., хим. 1921 (44) **«за вклад в химию радиоактивных веществ и за проведённое им исследование природы и происхождения изотопов»**);

– Генри Мозли (1887–1915 (28)) – закон Мозли (связь рентгеновского излучения с порядковым номером излучающего элемента);

– Нильс Бор (1885–1962 (77), Ноб. пр. 1922 (37) **«за заслуги в исследовании строения атомов и испускаемого ими излучения»**);

– Фрэнсис Астон (1877–1945 (68), Ноб. пр., хим. 1922 (45) **«за сделанное с помощью им же изобретённого масс-спектрографа открытие изотопов большого числа нерадиоактивных элементов и за формулирование правила целых чисел»**);

– Чарльз Вильсон (1869–1959 (90); Ноб. пр. 1927 (58) **«за создание метода, который позволяет наблюдать следы электрически заряженных частиц с помощью конденсации пара»**);



Джеймс Максвелл
(1831–1879 (48))



Фрэнсис Астон
(1877–1945 (68))
Ноб. пр., хим. 1922 (45)



Чарльз Вильсон
(1869–1959 (90))
Ноб. пр. 1927 (58)



*Ханс Гейгер
(1882–1945 (63))*



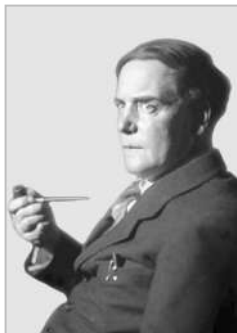
*Джеймс Чэдвик
(1891–1974 (83))
Ноб. пр. 1935 (44)*



*Патрик Блэкетт
(1897–1974 (77))
Ноб. пр. 1948 (51)*



*Джон Дуглас Кокрофт
(1897–1967 (70))
Ноб. пр. 1951 (54)*



*Пётр Леонидович
Капица
(1894–1984 (90))
Ноб. пр. 1978 (84)*

– Ханс Гейгер (1882–1945 (63)) – изобретатель счетчика частиц (1928 (46));

– Джеймс Чэдвик (1891–1974 (83); Ноб. пр. 1935 (44) «за открытие нейтрона»), исследования космических лучей;

– Дьёрдь Хевеши (1885–1966 (81); Ноб. пр., хим. 1943 (58) «за работы по использованию изотопов в качестве индикаторов при изучении химических процессов»);

– Патрик Блэкетт (1897–1974 (77); Ноб. пр. 1948 (51) «за усовершенствование метода камеры Вилсона и сделанные в связи с этим открытия в области ядерной физики и космической радиации»), открыл позитрон;

– Джон Кокрофт (1897–1967 (70); Ноб. пр. 1951 (54) «за их пионерские работы по трансмутации атомных ядер под воздействием искусственно ускоренных частиц»); расщепил ядро лития при обстреле протонами (совместно с Э. Т. Уолтоном);

– Пётр Леонидович Капица (1894–1984 (90); Ноб. пр. 1978 (84) «за фундаментальные изобретения и открытия в области физики низких температур»).

У Эрнеста Резерфорда было более 20 учеников – известных физиков, из них 10 – лауреаты Нобелевской премии.

До самой смерти, неожиданной для учеников и коллег, Эрнест Резерфорд был деятельным участником всех проводившихся в его лаборатории исследований.

П. Л. Капица писал в воспоминаниях о своём учителе: «У таких людей, как Фарадей, Максвелл,

Резерфорд, исключительные качества их ума и характера совершенно поглощают мелкие человеческие недостатки, и когда память воспроизводит их образ, то остаётся только одно большое целое».

И далее он продолжал: *«Все мы – ученики Резерфорда – не ждали его смерти. Для нас он был не только бессмертен как учёный, но и почти бессмертен как человек. И отец, и мать Резерфорда дожили до 90 лет, и сам Резерфорд в 66 лет был полон сил, здоровья и энергии – он работал целыми днями. Но произошло неожиданное заболевание (ущемление грыжи), потребовалась операция, после неё четыре дня организм боролся за жизнь, но сердце не выдержало, и 19 октября 1937 года Резерфорда не стало».*

ГЛАВА 3

СОЗДАНИЕ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ ВЕЩЕСТВА

Макс ПЛАНК

Основы атомного века, каковым называют XX столетие, были заложены 14 декабря 1900 года в Германии, в Берлинском университете, когда Макс Планк вечером этого дня в аудитории Физического института сообщил членам Немецкого физического общества теоретическое обоснование своей формулы излучения.

Для объяснения излучения абсолютно чёрного тела М. Планку пришлось ввести квант действия – то, что теперь называется постоянной Планка. Это было для физики того времени революционным открытием. Причём сам Макс Планк стал революционером против собственной воли. Ошеломлённый неожиданными, с точки зрения классической физики, последствиями своего открытия, учёный (ему тогда было **42** года) долгое время сопротивлялся признанию вытекающих из него следствий. Другие исследователи обогнали его: это были, прежде всего, Альберт Эйнштейн и Нильс Бор.

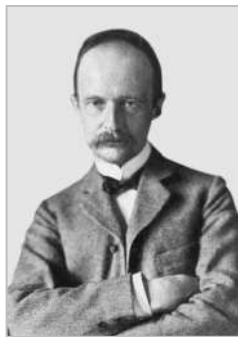
Квант действия

Макс ПЛАНК

(1858–1947 (**89**); Ноб. пр. 1918 (**60**))

Макс Карл Эрнст Людвиг Планк родился 24 апреля 1858 года в Киле.

Когда Максу было 9 лет, семья переехала в Мюнхен, где его отец стал профессором юриспруденции. М. Планк вырос в атмосфере музыкального Мюнхена. В городе было множество всякого рода оркестров и домашних театриков. У Макса был абсолютный слух и разносторонняя музыкальная одарённость: он пел сопрано в хоре мальчиков, сочинял музыку для представлений, играл на разных инструментах. В студенческие годы М. Планк был хормейстером в Академическом певческом союзе, играл во время богослужений в студенческой церкви на органе, дирижировал оркестром музыкантов-любителей и художников. Несколько позже он брал уроки гармонии и контрапункта. Постоянно совершенствовалась его игра на фортепиано. Юного Планка волновал вопрос: а не стать ли ему пианистом? Однако артист в нём почему-то всегда уступал физика.



Макс Планк
(1858–1947 (**89**))
Ноб. пр. 1918 (**60**)

Существенно позднее, вспоминая свою молодость, Макс Планк написал: *«С юности меня вдохновило на занятие наукой осознание того, отнюдь не самоочевидного факта, что законы нашего мышления совпадают с закономерностями, имеющими место в процессе получения впечатлений*

от внешнего мира, и что, следовательно, человек может судить об этих закономерностях при помощи чистого мышления. Существенно важно при этом то, что внешний мир представляет собой нечто, не зависящее от нас, абсолютное, чему противостоять мы, а поиски законов, относящихся к этому абсолютному, представляются мне самой прекрасной задачей в жизни учёного».

Однако музыка сделалась второй натурой Макса Планка. Впоследствии он пользовался репутацией блестящего пианиста и знатока классической музыки. Он даже читал лекции по теории музыки в Берлинском университете. Интересно также, что первой его опубликованной работой была «Темперированная нормальная гамма» как следствие увлечения Бахом, которое он пронёс через всю свою долгую жизнь.

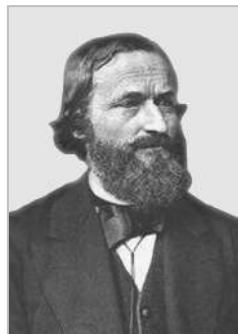
После трёх лет занятий в Мюнхенском университете у профессора Филиппа фон Жолли (1809–1884 (75)), который *создал чувствительные пружинные весы, пневматическую машину, определил массу и плотность Земли*, Макс Планк решил завершить физическое образование в Берлине. Год в столичном университете сыграл в жизни робкого и застенчивого юноши чрезвычайно важную роль. М. Планк значительно расширил свой научный кругозор под руководством таких учёных, как Герман фон Гельмгольц и Густав Кирхгоф, работы которых, проложившие новые пути в физике и завоевавшие мировое признание, были легко доступны для их учеников. К сожалению, лекции студентам эти выдающиеся учёные читали плохо.

О своих учителях в Берлине Макс Планк написал в 1948 году в своей научной биографии: *«Герман Гельмгольц, очевидно, никогда как следует не готовился к лекциям, говорил всё время запинаясь, причём необходимые данные извлекал из небольшой записной книжки, к тому же постоянно ошибался у доски, а нас не покидало такое чувство, как будто ему самому эта лекция, по меньшей мере, так же надоела, как и нам».*

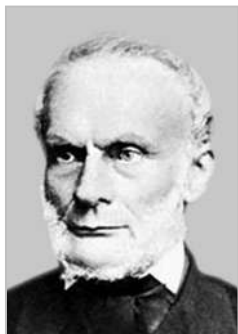
В противоположность этому, Густав Кирхгоф читал тщательно отработанный курс лекций, в котором была взвешена и стояла на своём месте каждая фраза. Ни словом меньше, ни словом больше. Но в целом это действовало как нечто заученное наизусть, сухое и однообразное. Мы восхищались самим лектором, а не тем, о чём он говорил».



Герман Гельмгольц
(1821–1894 (73))



Густав Кирхгоф
(1824–1887 (63))



Рудольф Клаузиус
(1822–1888 (66))

Однако гениальные труды учителей студента Макса Планка были написаны легко и доступно, и они увлекали будущего физика. Ещё большее впечатление на него произвели работы по термодинамике боннского физика Рудольфа Клаузиуса (*второе начало термодинамики* (1851); *средняя длина свободного пробега* (1859); *понятие энтропии* (1865)): «Я углублялся в них со всё большим воодушевлением», – вспоминал Макс Планк. Именно под влиянием работ Р. Клаузиуса он занялся в 1883 году исследованием проблем термодинамики. Это стало его основной научной темой на целых 17 лет и привело в итоге к гипотезе квантов.

После окончания университета в 1878 году М. Планк вернулся в Мюнхен, сдал экзамены на право преподавания в высшем учебном заведении, а через год защитил докторскую диссертацию, связанную с обоснованием второго закона термодинамики. Однако на его докторскую диссертацию ни Г. Гельмгольц, ни Р. Клаузиус не обратили внимания, а Г. Кирхгоф категорически не соглашался с её содержанием. Конечно, такое пренебрежение огорчало и обижало молодого учёного, но он продолжал исследования.

Через несколько месяцев Макс Планк стал доцентом кафедры физики в Мюнхенском университете. Об этих годах он писал: *«Будучи приват-доцентом в Мюнхене, в течение многих лет я напрасно ждал приглашения в профессорку, на что, конечно, шансов было мало, так как теоретическая физика тогда ещё не служила отдельным предметом».*

Это теперь физика чётко делится на экспериментальную и теоретическую, а физики-теоретики составляют целую армию. И никому это сейчас не кажется странным. Ибо, как заявил в начале XX века Людвиг Больцман, *«теория покорила мир»*. Но век тому назад это было скорее предвидением, нежели констатацией. *«Современная техника была бы немыслима без теоретической физики»*, – сказал Макс Планк лет через 40 после Л. Больцмана. И для всех эти слова прозвучали почти очевидной истиной.



Людвиг Больцман
(1844–1906 (62))

В дни молодости Макса Планка дело обстояло совсем иначе. В глубинах физики уже происходило разделение эксперимента и теории, но теоретической физики как самостоятельной области ещё не было. Не было и такой специальности – физик-теоретик.

Макс Планк со своими сугубо теоретическими устремлениями выглядел поистине белой вороной в среде физиков, что делало его положение отнюдь не простым. Лет десять спустя, уже в Берлине, буду-

чи профессором, он отметил, что *«в физическом институте господ ассистенты встречают меня с подчеркнутой сдержанностью»*, а многие коллеги считают, в сущности, *«ненужным человеком»*. Ведь М. Планк был тогда единственным теоретиком. Да и вообще он был первым *«стопроцентным»* теоретиком в истории науки.

Но, будучи теоретиком, М. Планк всегда очень хорошо понимал, какова роль эксперимента в физике. Он говорил: *«Факты образуют ту архимедову точку опоры, посредством которой самая увесистая теория может быть поднята со своего пьедестала. Прежде чем поставить опыт, его нужно продумать, это значит надо сформулировать вопрос, обращённый к природе»*.

Альберт Эйнштейн позднее отмечал: *«Это характерно для всей манеры работы Планка, а возможно, вообще для метода, используемого чистыми теоретиками. Они всегда исходят из некоторого наиболее общего положения, выводят из него отдельные частные результаты и затем сравнивают с опытом»*.

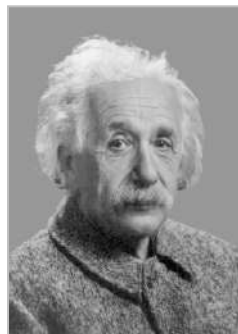
Весной 1885 года произошло событие, которого молодой учёный (27) ждал все шесть мюнхенских лет: он был приглашён в Кильский университет в качестве экстраординарного профессора теоретической физики. М. Планк не без иронии замечал о тех временах: *«Конечно, я не догадывался, что этому счастливому случаю я был обязан не столько своим собственным научным успехам, сколько тому обстоятельству, что профессор физики в Киле Густав Карстен был близким другом моего отца»*.

В Киле Макс Планк сменил пока ещё особо ничем не известного Генриха Герца, который уехал в Карлсруэ, где ярко проявился его гений – он предложил конструкцию генератора электромагнитных колебаний, а в 1888 году экспериментально доказал существование электромагнитных волн, предсказанных Дж. Максвеллом.

М. Планк не только читал лекции, но и активно занялся своей любимой термодинамикой – вторым началом термодинамики, принципом энтропии.

В марте 1887 года Макс Планк женился на Марии Мерк, дочери мюнхенского банкира, подруге детства.

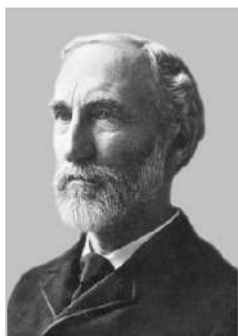
В течение 1887 года Макс Планк разработал теорию слабых растворов и теорию диссоциации. Однако выяснилось, что американский физик



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)



Генрих Герц
(1857–1894 (37))



Джозайя Уиллард Гиббс
(1839–1903 (64))



Сванте Аррениус
(1859–1927 (68))
Ноб. пр., хим. 1903 (44)



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

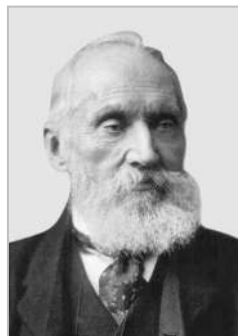
Джозайя Уиллард Гиббс (1839–1903 (64)) лет за 10 до него сформулировал ещё более общие положения, которые до 1892 года не были известны в Европе. Зато к теории диссоциации М. Планк пришёл раньше Сванте Аррениуса (1859–1927 (68); Ноб. пр., хим. 1903 (44) «как факт признания особого значения его теории электролитической диссоциации для развития науки»). Причём С. Аррениус в дальнейшем оспаривал приоритет, и М. Планк уступил, поскольку ему не хотелось ссориться с химиками. Но он собрал свои статьи того времени под общим заголовком «О принципе возрастания энтропии», и научному миру была предоставлена возможность разбираться в существе спора. Об этом цикле работ А. Эйнштейн позже отзывался как о **«первом крупном научном достижении Планка»**. В том же 1887 году вышла и подготовленная М. Планком монография **«Принцип сохранения энергии»**.

В связи со смертью Густава Кирхгофа (17.10.1887) в Берлинском университете освободилась кафедра теоретической физики, созданная незадолго до этого. В качестве возможной замены Герман Гельмгольц предложил кандидатуры либо своего бывшего ассистента Генриха Герца, либо бывшего студента Макса Планка. Но Генрих Герц опять уступил место, отказавшись от шумного Берлина и решив занять кафедру в Бонне. Тогда Герман Гельмгольц настоял, чтобы пригласили Макса Планка.

Кандидатура М. Планка для Берлинского университета оказалась на редкость удачной. Макс Планк работал в Берлине более 40 лет. Утверждение на кафедру произошло в 1889 году. В 1894 году М. Планк был избран членом Прусской академии наук, а в 1902 году он стал её непременным секретарём. Он сам писал об этом периоде своей жизни: **«Помимо знакомства с новыми интересными людьми мой переезд в Берлин привёл к значительному расширению моей научной переписки... В связи с проблемами теории электролитической диссоциации у меня вскоре завязалась оживлённая переписка с находившимся в Лейпциге Вильгельмом Оствальдом, который делал различные критические разъяснения, но всегда проводил их в дружес-**

ском тоне... То, что в борьбе против Оствальда и энергетиков в конце концов победил Больцман, для меня было само собой разумеющимся фактом. Принципиальное отличие теплопроводности от чисто механических процессов стало общепризнанным. При этом я смог установить один, по моему мнению, замечательный факт. Обычно новые научные истины побеждают не так, что их противников убеждают и они признают свою неправоту, а большей частью так, что противники эти постепенно умирают, а подрастающее поколение усваивает истину сразу».

Состояние физики в конце XIX века хорошо отражает разговор ещё в 70-е годы между студентом Максом Планком и Филиппом фон Жолли, его профессором в Мюнхенском университете. М. Планк, намеревавшийся посвятить себя теоретической физике, спросил, что думает об этом его профессор, который считал, что *«с открытием закона сохранения энергии физика как наука в основном себя исчерпала»*. Ф. Жолли продолжал: *«Молодой человек, зачем вы хотите испортить себе жизнь? Ведь теоретическая физика уже закончена, дифференциальные уравнения решены, остаётся рассмотреть отдельные частные случаи... Стоит ли браться за такое бесперспективное дело?»* В то время так думали многие, даже Уильям Томсон, высказывание которого о состоянии физики было приведено ранее (см. «Введение»). Позже в статье *«О природе света»* М. Планк написал: *«Уже не впервые случается, что важная отдельная цель достигается на пути, который сначала казался ненадёжным»*.



Уильям Томсон
(лорд Кельвин)
(1824–1907 (83))

В самом конце XIX века наступил решающий момент в понимании злободневного тогда вопроса физики – *«ультрафиолетовой катастрофы»*, т. е. утверждения (к которому, оставаясь на позициях классической физики, пришли Джон Уильям Стретт (лорд Рэлей; 1842–1919 (77), Ноб. пр. 1904 (62)), Джеймс Хопвуд Джинс (1877–1946 (69)), Хендрик Лорентц и другие крупные физики), что нагретое тело, независимо от температуры, должно непрерывно излучать бесконечно большую энергию в ультрафиолетовой части спектра. А это противоречило опыту. Делалось понятным, что проблему удастся решить, если взглянуть на природу совершенно иначе, другим взглядом.

Этот действительно революционный шаг суждено было совершить Макс Планку.

Наступило время летних каникул 1900 года. Профессор Макс Планк обычно проводил время отдыха в путешествиях. Он, как и его университетский учитель Г. Гельмгольц, увлекался альпинизмом. Карабататься по скалам, иногда с риском для жизни, – в этом была и физическая разрядка, и потребность души. М. Планк любил преодолевать трудности. И так получилось, что незадолго до ожидавшего его великого, эпохального открытия

в физике он поднялся на самую высокую и труднодоступную горную вершину в своей альпинистской практике.

Макс Планк, как любой учёный, занятый своей проблемой, продолжал размышлять и на отдыхе. Вернувшись домой, М. Планк погрузился в работу. Сначала он полуэмпирическим путём нашёл универсальную формулу распределения энергии, охватывающую весь спектр излучения абсолютно чёрного тела. Эта формула, обратная величина второй производной энтропии осциллятора по его энергии, имеет два простых предельных случая: при малых энергиях она пропорциональна энергии, а при больших энергиях – квадрату энергии. М. Планк писал об этих напряжённых днях: *«При этом была найдена новая формула для излучения, которую я представил на заседании Берлинского физического общества 19 октября 1900 года и рекомендовал её проверить».*

Позволим самому Макс Планку рассказать нам, как он, физик, сформировавшийся на классической физике XIX века, пришёл в своих рассуждениях к необходимости ввести новое понятие элементарного кванта действия, нужное ему для понимания и объяснения экспериментальных фактов.



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

Вчитаемся в слова, написанные им самим и позволяющие нам сегодня понять, как результаты рассуждений теоретика привели к фундаментальным изменениям в основах физики нового, XX века. Макс Планк позже пояснял: *«Даже если формулу для излучения предположить справедливой с абсолютной точностью, то всё же она имеет только формальный смысл удачно угаданного закона* (феноменологического закона. – Ю. В. Трушин). *Поэтому со дня установления этой формулы я был занят тем, что старался придать ей её истинный физический смысл, и этот вопрос привёл меня к рассмотрению связи между энтропией и вероятностью, т. е. к больцмановскому ходу мыслей. Так как энтропия S есть величина аддитивная, а вероятность W является мультипликативной величиной, то я просто положил, что $S = k \ln W$, где k – универсальная постоянная. При этом я исследовал вопрос, может ли то выражение для W , которое получится, если для энтропии S подставить значение, соответствующее найденному из закона излучения, быть истолковано как величина вероятности.*



Людвиг Больцман
(1844–1906 (62))

В результате исследования оказалось, что это в самом деле возможно, и что k представляет собой так называемую газовую постоянную, отнесённую не к грамм-молекуле или к молю, а к одной молекуле. Нередко она по понятной причине называется постоянной Больцмана. Необходимо, впрочем, заметить, что Больцман никогда не вводил

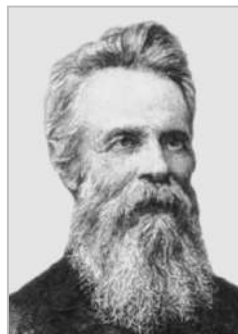
этой постоянной и, насколько я знаю, вообще не думал о её численном значении, так как для этого необходимо было ввести истинное число атомов. Эту последнюю задачу он целиком передал своему коллеге Иоганну Йозефу Лошмидту (1821–1895 (74)), а сам в своих вычислениях всегда имел в виду возможность того, что кинетическая теория газов представляет только механическую картину...

Обозначение постоянной буквой k вводилось постепенно. После её введения, ещё в течение многих лет, вместо постоянной k в вычислениях пользовались числом Лошмидта L , которое равно числу атомов в одном грам-атоме.

Что касается величины W , то оказалось, что для того, чтобы можно было истолковать её как некоторую вероятность, необходимо было ввести новую универсальную постоянную, которую я обозначил через h , и так как она имела размерность произведения (энергия $\times$ время), то я назвал её **ЭЛЕМЕНТАРНЫМ КВАНТОМ ДЕЙСТВИЯ**. Таким образом, и для излучения было установлено существование энтропии в больцмановском смысле...

Теперь, когда был окончательно установлен смысл кванта действия для связи между энтропией и вероятностью, оставался ещё полностью неясным вопрос о той роли, которую играет эта новая константа в закономерностях физических процессов. Поэтому я тогда же попытался как-то ввести h в рамки классической теории. Однако, вопреки всем таким попыткам, эта величина оказалась весьма строптивой. До тех пор, пока её можно было рассматривать как бесконечно малую, т. е. при больших энергиях и при более медленных изменениях во времени, всё было в полном порядке.

В общем случае, однако, в том или ином месте возникала зияющая трещина, которая тем сильнее бросалась в глаза, чем более быстрыми были рассматриваемые колебания. Провал всех попыток перекинуть мост через эту пропасть вскоре не оставил более никаких сомнений в том, что квант действия играет фундаментальную роль в атомной физике, и с его появлением в физической науке наступила новая эпоха, ибо в нём заложено нечто, до того времени неслыханное, что призвано радикально преобразовать наше физическое мышление, построенное на понятиях непрерывности всех причинных связей с тех самых пор, как Исааком Ньютоном (1643–1727 (84)) и



Иоганн Йозеф Лошмидт
(1821–1895 (74))



Исаак Ньютон
(1643–1727 (84))



Готфрид Лейбниц
(1646–1716 (70))

Готфридом Лейбницем (1646–1716 (70)) было создано исчисление бесконечно малых.

Формула, полученная Максом Планком, имеет два простых предельных случая: при малых энергиях она пропорциональна энергии, а при больших энергиях – квадрату энергии, что и проверялось экспериментально.

М. Планк вспоминал об этом времени: *«После нескольких недель напряжённейшей в моей жизни работы темнота рассеялась, и наметились новые, неподозреваемые мною дали».*

Итог своих размышлений (сам он скромно именовал его *«предварительной рабочей гипотезой»*) Макс Планк, как это следует из его воспоминаний, изложил снова перед небольшой аудиторией в Берлинском физическом обществе 14 декабря 1900 года. *«Это было рождением квантовой теории»*, – как заметил Макс фон Лауэ, ученик Макса Планка, кстати, получивший на четыре года раньше своего учителя Нобелевскую премию по физике.

В 1900 году Макс Планку шёл уже 43-й год. Худощавый, лысеющий, он негромким профессорским голосом докладывал с кафедры о новой полученной им формуле энергии излучения. Самое интересное, что при этом ни сам М. Планк, ни его слушатели не понимали важности, а точнее, всей грандиозности происходящего. Большое видится на расстоянии. Доклад назывался *«К теории закона распределения энергии в нормальном спектре»*. На собрании физического общества казалось, что узкий круг лиц, причастных к спектроскопии, обсуждает довольно специальный вопрос. Гениальная мысль, осевшая у Макса Планка, представлялась слушателям просто остроумным ходом, позволяющим улучшить теорию частного явления.

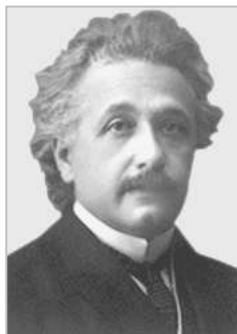
Макс Планк сделал своё открытие после 40 лет. Это относительно поздно в сравнении с другими первооткрывателями. Ведь Исаак Ньютон, Юлиус Роберт Майер (1814–1878 (64)), Герман Гельмгольц,



Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)



Юлиус Роберт Майер
(1814–1878 (64))



*Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)*



*Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)*



*Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)*

Джеймс Максвелл, Альберт Эйнштейн, Нильс Бор, Вернер Гейзенберг, Вольфганг Паули совершили свои выдающиеся открытия в среднем между 25 и 30 годами жизни.

Макс Планк к началу XX века уже два десятилетия успешно вёл физические исследования и преподавал в университетах. За это время он не сделал крупных эпохальных открытий, но был автором ряда серьёзных и интересных работ. В некоторых областях, например в теории теплоты, его заслуги были значительны. Всё его научное развитие до 1900 года – это своего рода всесторонняя и серьёзная подготовка к открытию, которое ему удалось совершить за несколько недель.

А между тем, это рождалась квантовая физика! Первый год нового XX века стал первым годом в истории новой физики.

Физическая картина мира, начатая Галилео Галилеем и Исааком Ньютоном и завершённая Джеймсом Максвеллом и Германом Гельмгольцем, соответствовала положению древних: природа не делает скачков (*natura non facit saltus*). В этой устоявшейся физической картине всё основано на понятии непрерывности процессов. А в исследованиях Макса Планка обнаружилось, что в природе есть изменения, которые происходят не плавно, а скачками, **«взрывообразно»**, как сказал М. Планк. Следовало отказаться от принципа, который владел умами старых натур-



*Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)*



*Галилео Галилей
(1564–1642 (78))*



Христиан Гюйгенс
(1629–1695 (66))



Томас Юнг
(1773–1829 (56))



Огюстен Жан Френель
(1788–1827 (39))

философов и был обязателен для описания всеобщей картины природы. Открытие Макса Планка разрушило представление о непрерывности.

Гипотеза квантов – идея прерывистости – заставила взглянуть на сущность вещей иначе: природа делает скачки, а Макс Планк добавлял: **«И даже довольно странные...»**. В своём докладе М. Планк, излагая теоретический вывод, рекомендовал проверить его экспериментально. Присутствовавший на заседании молодой физик Генрих Рубенс, как вспоминал Макс Планк, той же ночью сверил формулу с данными своих измерений спектров, а утром разыскал М. Планка и порадовал его потрясающим совпадением. Похожая ситуация произойдёт почти через 40 лет, когда Нильс Бор и Энрико Ферми общаются зимой 1939 года американским физикам об открытии Отто Ганом деления ядер урана.

Но ведь успех, достигнутый Максом Планком в объяснении излучения и поглощения света чёрным телом, означал нечто более важное, нежели один из видов тепловых процессов. При прерывистости этого процесса нужно признать, что в световой волне энергия распределена не непрерывно, а сосредоточена в виде **«частиц света»** – корпускул. А это означает, что вновь, как и раньше во времена Исаака Ньютона, ставится под сомнение волновая гипотеза Христиана Гюйгенса (1629–1695 (66)). А ведь её отстаивали в длительной битве с корпускулярной теорией такие титаны, как Томас Юнг (1773–1829 (56)), Огюстен Жан Френель (1788–1827 (39)) и Джеймс Максвелл. Но это всё означало и большее: замахнуться на всю классическую физику! И Макс Планк дрогнул, смешался.

Впервые в истории науки сложилась ситуация, когда творец великой идеи, испугавшись масштаба последствий, в течение ряда лет всячески противодействовал укоренению идеи в науке. М. Планк всегда стремился к единству физической картины мира. Во имя этого он отважился и на формулировку гипотезы квантов: чтобы как-то заполнить пробел в классической физике. Он понимал ценность того, что до-

была мысль человека в итоге многовековых поисков. **«Классическая физика, – говорил он, – это величественное сооружение чудесной красоты и гармонии».** Сам Макс Планк слишком дорожил им, чтобы на него посягнуть. В этом он был схож с Альбертом Эйнштейном, потратившим более 30 лет на создание общей теории относительности, которая должна была непротиворечиво охватывать всю физику.

Сущность гипотезы Макса Планка кажется сегодня понятной и простой, вытекающей из физической природы атома, о которой тогда, в 1900 году, ещё никто не знал. Заключалась гипотеза в том, что испускание и поглощение электромагнитной энергии атомами и молекулами происходит не непрерывно, а **ПРЕРЫВНО**, дискретно, **«порциями»**, или **«квантами»**, как предложил называть их Планк (от нем. *Quantum* – количество). Энергия квантов, их масса и размеры, как утверждал М. Планк, **«могут быть измерены».**

Позже Макс Планк сказал: **«В конце XIX века физика была на пороге небывало мучительной ломки и потрясения самых своих основ».**

Луи де Бройль пояснял то, что произошло в науке: **«Чтобы выйти из ... затруднительного положения, Макс Планк применил в 1900 г. героическое средство: он ввёл в теорию излучения „чёрного тела“ совершенно новый элемент, неведомый классической физике, – „квант действия“, т. е. постоянную h , носящую теперь его имя. Предположив, что в веществе существуют электроны, способные совершать гармонические колебания с частотой ν около положения равновесия, Планк допускает, что электроны эти могут отдавать или заимствовать энергию лишь в форме конечных количеств, равных $h\nu$ ».**

Появление новой величины – элементарного кванта действия – и изменения в понимании природы излучения не давали М. Планку покоя. Он писал по этому поводу: **«Мои тщетные попытки как-то ввести квант действия в классическую теорию продолжались в течение ряда лет и стоили мне немалых трудов... Ведь теперь я точно знал, что квант действия играет в физике гораздо большую роль, чем я вначале был склонен считать, и благодаря этому я полностью осознал то, что при разработке атомистических проблем необходимы совершенно новые методы рассмотрения. Развитию таких методов, в которых я сам уже, конечно, не мог прини-**



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)



Луи де Бройль
(1892–1987 (95))
Ноб. пр. 1929 (37)



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)



Эрвин Шрёдингер
(1887–1961 (74))
Ноб. пр. 1933 (46)



Абрам Фёдорович Иоффе
(1880–1960 (80))

мать участия, послужили прежде всего работы Нильса Бора и Эрвина Шрёдингера).

Позднее М. Планк сформулировал важный вывод: *«Своей моделью атома и принципом соответствия Н. Бор заложил основы разумной связи квантовой и классической теорий, Э. Шрёдингер же создал с помощью своего дифференциального уравнения волновую механику и этим установил дуализм волн и частиц».*

Собственная теория представлялась М. Планку неким «чуждым и угрожающим взрывчатым снарядом», и он готов был уничтожить её, лишь бы не упал волос с головы теории классической.

«Конечно, – говорил он тогда и позже, – если бы гипотеза квантов во всех вопросах действительно превосходила классическую теорию либо, по меньшей мере, была бы ей равноценна, то ничто не мешало бы целиком пожертвовать всей классической теорией; больше того, на эту жертву необходимо было бы решиться».

«Если бы ... превосходила». Но сам учёный ещё сомневался. Он писал в своих письмах коллегам, призывал в выступлениях и лекциях не отказываться от классической физики, а поддерживать, оберегать её и как можно меньше отходить от её законов. Макс Планк чувствовал себя по-настоящему виноватым. Эти сомнения надолго выбивали его из равновесия. М. Планк настойчиво пытался доказать и себе, и другим, что его теория выводится из классической. Его ученик Макс фон Лауэ писал: *«В течение многих лет Планк стремился уничтожить пропасть между классической и квантовой физикой или хотя бы перебросить мост между ними. Он потерпел неудачу, но его усилия не были напрасными, так как доказали невозможность успеха таких попыток».*

М. Планк говорил молодому А. Ф. Иоффе: *«Мы столь многим обязаны Максвеллу, что было бы неблагодарным отказаться от его теории. Попробуйте, нельзя ли добиться таких же выводов, не порывая с Максвеллом, не идти дальше, чем это необходимо, не посягать на самый свет. Лучшие бы вы придумали, как понять факты, приведённые Эйнштейном, в рамках классической теории».* И эти колебания продолжались не год, не два, а почти четверть века.

Два гения физики XX века – Макс Планк и Альберт Эйнштейн – потратили десятки лет на примирение своих гениальных догадок и открытий в познании мироздания, на внутреннее самопонимание их. Вот примеры отношения учёных к своим научным достижениям!

Макс Планк писал: *«Как квант действия в квантовой теории, так и скорость света в теории относительности являются абсолютными центральными пунктами. В связи с этим оказывается, что такой общий принцип классической теории, как принцип наименьшего действия, остаётся инвариантным и в теории относительности и, соответственно этому, в ней сохраняет свою значимость такая величина, как действие. Это имеет место, в частности, и для одной материальной точки, и для излучения в пустом пространстве. При этом, между прочим, получается, что излучение обладает инерцией и что энтропия инвариантна по отношению к скорости системы отсчёта».*

Первым из физиков, кто принял всерьёз кванты действия Макса Планка, был молодой Альберт Эйнштейн, который в 1905 году распространил количественную связь, определяемую квантом действия h , на свет. Предположив гипотезу световых квантов, он объяснил фотоэффект, люминесценцию, ионизацию газов и другие физические явления, которые классическая физика объяснить не могла.

Остававшаяся у самого М. Планка неуверенность в гипотезе квантов распространилась и на световые кванты А. Эйнштейна, которому в 1909 году он писал: *«Я ещё плохо верю в реальность световых квантов».* В 1912 году, когда группа немецких учёных во главе с М. Планком направила в прусское Министерство просвещения письмо с рекомендацией пригласить А. Эйнштейна на работу в Берлин и отметила его выдающиеся достижения в физике, было замечено, что его гипотезу световых квантов *«не следует слишком сильно ставить ему в упрёк».*

Летом 1910 года Макс Планк писал Вальтеру Нернсту: *«Создавшееся ныне состояние теории, исполненное пробелов, стало невыносимым для каждого настоящего теоретика...».* Далее он утверждал: *«Ясность должна быть достигнута в любом случае и любой ценой. Даже разочарование, если оно обоснованно и окончательно, означает шаг вперёд, а жертвы, связанные с отказом от принятого, с избытком искупаются сокровищами нового знания».*

Ситуация в физике в первом десятилетии XX века была такова, что возникла настоятельная необходимость для встречи ведущих учёных с целью обсуждения физического объяснения аномальных с точки зрения классической физики явлений: фотоэффекта, теплоёмкости твёрдых тел и др. Успехи попыток объяснений были очень фрагментарны. Понятие квантов – чуждое всему зданию классической физики, в какой-то мере путало учёных. Нужно



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

было попытаться устранить пробелы и недопонимания, возникшие в физике после принятия гипотезы квантов. Следовательно, было необходимо провести Международный конгресс.

По этому поводу к Макс Планку обратился Вальтер Нернст, предварительно заручившись согласием крупного бельгийского промышленника и инженера Эрнеста Сольве субсидировать такое мероприятие.

Эрнест Сольве (Ernest Solvay) (1838–1922 (84)) – химик-самоучка, выходец из рабочей семьи, изобрёл аммиачный способ промышленного получения соды из поваренной соли. Патент позволил создать аппаратуру для получения соды в промышленности, и Э. Сольве удалось поставить под свой контроль производство оконного и зеркального стекла во всех промышленных развитых странах.

Э. Сольве оказал значительную финансовую поддержку при создании Общества кайзера Вильгельма в Германии и за помощь в развитии науки был избран членом Прусской академии наук, а также награжден медалью Лейбница, а в 1894 году Э. Сольве создал в Брюсселе Институт социологии.



*Эрнест Сольве
(1838–1922 (84))*

Эрнест Сольве после обсуждений с Вальтером Нернстом выразил желание оказывать постоянную финансовую поддержку научным исследованиям о строении вещества. С этой целью он основал в Брюсселе Международный физический институт, предоставив ему капитал в 1 млн франков. Было решено созвать конгресс ведущих физиков для обсуждения волнованных их нерешённых фундаментальных проблем в физике.

В последующие годы конгрессы Сольве представляли собой уникальную возможность для физиков обсуждать фундаментальные проблемы, которые находились в центре их внимания в различные периоды. Сольвеевские конгрессы во многих отношениях стимулировали развитие физики в первой половине XX столетия.



*Вальтер Нернст
(1864–1941 (77))
Ноб. пр., хим. 1920 (56)*

Макс Планк оказался в самом центре обсуждений списка приглашённых. Вместе с Вальтером Нернстом после тщательного обсуждения был намечен перечень докладов и докладчиков. Только восемнадцати крупнейшим физикам мира были разосланы в конфиденциальном порядке приглашения от имени Эрнеста Сольве с просьбой принять участие в Первом конгрессе в Брюсселе, который открылся 30 октября 1911 года. Тему конгресса назвали «Теория излучения и кванты». Возглавить подготовку докладов и председательствовать на Первом конгрессе Эрнест Сольве попросил наиболее авторитетного физика того времени Хендрика Лорентца.

Х. Лорентц как председатель конгресса подчеркнул важность выдвинутых вопросов, поскольку *«они касаются самих принципов механики и самых глубоких свойств материи»*, сформулировал задачу конгресса: *«Установить либо терпеливым нащупыванием, либо счастливым вдохновением ту новую механику, которая займет место старой»*, и выразил мнение, что *«все участники конгресса будут очень счастливы, если удастся хоть немного приблизиться к той будущей механике, о которой идёт речь»*.

Нильс Бор писал в октябре 1961 года в Послании 12-му Сольвеевскому конгрессу: *«Как одному из тех, кто участвовал в некоторых из Сольвеевских конгрессов и имел личный контакт со многими участниками самых первых из них, мне было приятно принять приглашение рассказать кое-что о той роли, которую играли эти дискуссии для выяснения проблем, стоявших перед ними»*.

О Первом конгрессе Нильс Бор записал: *«Хотя во время конгресса, конечно, не могло быть и речи об исчерпывающей трактовке всех проблем, возникших в связи с открытием Планка, всё же на конгрессе было достигнуто единодушное мнение, что для физической науки раскрылись новые огромные перспективы. Несмотря на то, что оказался необходимым радикальный пересмотр оснований для однозначного применения первичных физических понятий, всех ободряло то, что именно в эти годы была очень ярко продемонстрирована устойчивость физического фундамента благодаря новому триумфу классического подхода при определении свойств разреженных газов и использовании статистических флуктуаций для подсчёта числа атомов»*.



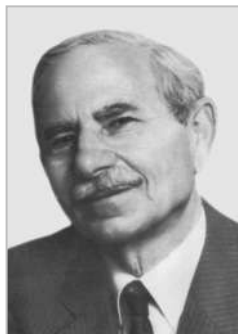
Хендрик Лорентц
(1853–1928 (75))
Ноб. пр. 1902 (49)



Участники Первого Сольвеевского конгресса 1911 года.

Сидят, слева направо: В. Нернст, М. Бриллюэн, Э. Сольве, Х. Лорентц, Э. Варбург, В. Вин, Ж. Б. Перрен, М. Склодовская-Кюри, А. Пуанкаре. Стоят, слева направо: Р. Гольшмидт, М. Планк, Г. Рубенс, А. Зоммерфельд, Ф. Линдеман, М. де Бройль, М. Кнудсен, Ф. Газенорль, Х. Хостелет, Э. Герцен, Д. Джинс, Э. Резерфорд, Г. Камерлинг-Оннес, А. Эйнштейн, П. Ланжевен

Далее Н. Бор пояснял: *«Живое представление о дискуссиях на Первом Сольвеевском конгрессе я получил от Резерфорда при встрече с ним в Манчестере, вскоре после его возвращения из Брюсселя. Однако, как я установил только спустя несколько месяцев при просмотре отчёта о заседаниях, Резерфорд ничего не сообщил мне о том, что в ходе дискуссий на конгрессе не было упомянуто самое новейшее событие, которому суждено было оказать столь глубокое влияние на последующее развитие, а именно его собственное открытие атомного ядра».*



Анатолий Абрагам
(1914–2011 (97))

Очень интересные комментарии к Сольвеевским конгрессам оставил Анатолий Абрагам в своей книге-воспоминаниях *«Время вспять или физик-физик, где ты был»*, обратившись к роману Василия Гроссмана *«Жизнь и Судьба»*: *«Физики прошлого века напоминали людей с нафабранными усами, в костюмах со стоячими крахмальными воротничками, столпившихся вокруг бильярдного стола. Глубокомысленные мужи, вооружённые линейками и часами-хронометрами, измеряют скорости и ускорения, определяют массы упругих шаров, заполняющих мировое зеленое суконое пространство».*

Далее А. Абрагам писал: *«Не так ли выглядят глубокомысленные мужи, усевшиеся под вычурной люстрой на Первом Сольвеевском конгрессе 1911 года? Но несколько фигур уже меняют картину. За столом рядом с учёными мужами сидит женщина – Мария Кюри, которая открытием радиоактивности внесла переполох в мир линеек, хронометров и шаров. А на заднем плане, под прикрытием крахмальных воротничков уже стоят революционеры – Макс Планк (с его бессмертной константой) и самый отчаянный, тридцатидвухлетний революционер Альберт Эйнштейн, который уже шесть лет тому назад разбил световые волны на кванты и, по словам Гроссмана, заставил „искривляться, растягиваться и сплющиваться пространство“, измеренное металлическими стержнями и линейками, и время, отмеренное совершеннейшими часами».*

Второй Сольвеевский конгресс в 1913 году был посвящён проблеме *«Строение вещества»*. Как писал Н. Бор, *«самой важной была информация об открытии дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, сделанном Лауэ в 1912 году. Это открытие устранило все сомнения в том, что этому проникающему излучению следует приписать волновые свойства».*

Следует заметить, что за два месяца до начала конгресса была опубликована первая статья Нильса Бора о квантовой теории строения атомов, в которой ему на основе квантовых представлений удалось объяснить закономерности линейчатых спектров, правильность квантовой гипотезы

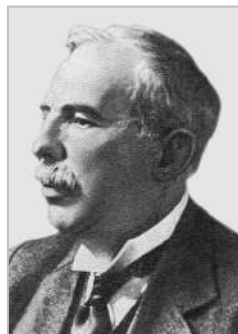
Макса Планка и ввести свои постулаты, что позволило усовершенствовать планетарную модель атома Эрнеста Резерфорда, т. е. создать новую модель атома, составившую основу будущей ядерной физики. Так, в бурные 10-е годы XX века появился мост от теории теплового излучения и квантовых идей к пониманию строения вещества.

Луи де Бройль писал, что гипотеза квантов *«исподтишка вошла в науку»*. Однако ей не пришлось дожидаться смены поколений, как говорил Макс Планк о системе усвоения новых научных истин. Она была признана раньше, а Макса Планка стали считать крупнейшим представителем европейской теоретической физики.

Первая мировая война прервала международное научное сотрудничество, и Сольвеевские конгрессы возобновились лишь весной 1921 года конгрессом по теме *«Атомы и электроны»*, на котором Э. Резерфорд рассказал об объяснении радиоактивных превращений наличия изотопов.

Следующим был Сольвеевский конгресс в 1924 году, посвящённый проблеме *«Проводимость в металлах»*. В 1923 году Артур Комптон (1892–1962 (70), Ноб. пр. 1927 (35)) обнаружил изменение частоты рентгеновских лучей при рассеянии на свободных электронах. На конгрессе Артур Комптон и Питер Дебай (1884–1966 (82); Ноб. пр., хим. 1936 (52)) подчеркнули, что *«это открытие подтверждает эйнштейновскую концепцию фотонов, несмотря на возросшие трудности описания соотношения между процессами поглощения и испускания фотонов электронами тем простым способом, который был принят для интерпретации атомных спектров»*.

Н. Бор писал о том времени: *«Мне нет необходимости подробно вспоминать о том, как оригинальная идея де Бройля стала в руках Шрёдингера основой для установления общего волнового уравнения, которое благодаря новым высокоразвитым методам математической физики оказалось мощным инструментом исследования многообразных атомных проблем»*. Именно в это



*Эрнест Резерфорд
(1871–1937 (66))
Ноб. пр., хим. 1908 (37)*



*Артур Комптон
(1892–1962 (70))
Ноб. пр. 1927 (35)*



*Питер Дебай
(1884–1966 (82))
Ноб. пр., хим. 1936 (52)*



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)

же время Вернер Гейзенберг (1901–1976 (75); Ноб. пр. 1932 (31)), по словам Нильса Бора, «нашёл опору для развития формализма квантовой механики, из которого были уже полностью устранены ссылки на классическую картину, за исключением асимптотического соответствия, и эта концепция привела вскоре к общей формулировке, в которой классические кинематические и динамические переменные были заменены символическими операторами, подчиняющимися некоммутативной алгебре, включающей планковскую константу». Нильс Бор подвёл итог: «Всё это революционное развитие должно было образовать фон для следующего конгресса, который был первым из Сольвеевских конгрессов, в работе которого я имел возможность участвовать».



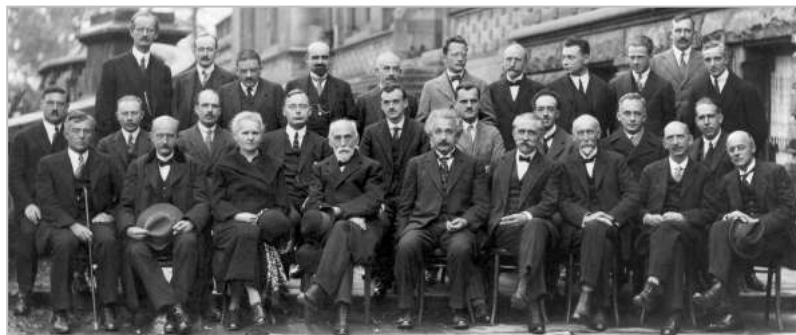
Лоуренс Брэгг
(1890–1971 (81))
Ноб. пр. 1915 (25)

Темой следующего конгресса 1927 года была «Электроны и фотоны». Доклады Лоуренса Брэгга и Артура Комптона были посвящены новым экспериментальным исследованиям по рассеянию высокочастотного излучения электронов. Оно различно, когда электроны прочно связаны в кристаллических структурах тяжёлых веществ и когда они практически свободны в атомах лёгких газов. Как писал Н. Бор, впервые участвовавший в работе конгресса, затем «следовали весьма поучительные сообщения Луи де Бройля, Борна и Гейзенберга, а также Шрёдингера о больших успехах последовательной формулировки квантовой теории».

Главной темой обсуждений на конгрессе 1927 года был отказ от наглядного описания, обусловленного новыми методами. Проявилась, как писал Н. Бор, «необходимость замены обычного координатного трёхмерного пространства представлением состояния системы из нескольких частиц в виде волновой функции в конфигурационном пространстве с числом координат, равным числу степеней свободы системы».

Ещё зимой 1927 года, как писал Н. Бор, «Гейзенберг сделал наиболее важный вклад в разъяснение физического содержания квантовой механики, сформулировав так называемый принцип неопределённости, выражающий взаимное ограничение определения канонически сопряжённых переменных».

В результате дискуссий о влиянии экспериментальной установки на результаты измерений и их интерпретацию было отмечено, что «задача математического аппарата квантовой теории состоит в том, чтобы



Участники Пятого Сольвеевского конгресса 1927 года.
 Первый ряд, слева направо: И. Ленгмюр, М. Планк, М. Кюри, Х. Лоренц,
 А. Эйнштейн, П. Ланжевен, Ш. Гюи, Ч. Вильсон, О. Ричардсон.
 Второй ряд, слева направо: П. Дебай, М. Кнудсен, Л. Брэгг, Х. Крамерс,
 П. Дирак, А. Комптон, Л. де Бройль, М. Борн, Н. Бор.
 Третий ряд, слева направо: А. Пикар, Е. Хенрот, П. Эренфест, Э. Герцен,
 Т. Дондер, Э. Шрёдингер, Дж. Вершафельт, В. Паули,
 В. Гейзенберг, Р. Фаулер, Л. Бриллюэн

определить математические ожидания для наблюдений, производимых в заданных экспериментальных условиях». Однако в дискуссии, которой руководил Хендрик Лоренц «с присущей ему откровенностью и сдержанностью, стремясь вести её в плодотворном направлении», большие трудности «создавала неясность терминологии». Как замечал далее Н. Бор, «эту ситуацию юмористически отразил Эренфест, выписав на доску цитату из Библии, в которой описывалось смешение языков, нарушившее строительство Вавилонской башни».

Сольвеевский конгресс 1927 года оказался той площадкой, где началась знаменитая дискуссия Альберта Эйнштейна и школы Нильса Бора о принципиальных основах квантовой механики.

А вот что отмечал в своей книге Анатолий Абрагам: **«Взгляните на фотографию 1927 года. Эйнштейн царствует теперь в первом ряду, но никогда не согласится принять вероятностное толкование квантовой механики Бора и Борна, которые сидят тут же. Во втором и в третьем ряду уже пришли на смену создатели новой квантовой механики, три „молокососа“ – Гейзенберг, Паули и Дирак, тридцатилетний де Бройль и „старый“ сорокалетний Шрёдингер».** И далее А. Абрагам замечал: **«Восемнадцать нобелевских лауреатов, но во время конгресса премию имели только шестеро».**



*Пауль Эренфест
 (1880–1933 (53))*



Поль Ланжевен
(1872–1946 (74))

Конгрессом 1930 года руководил Поль Ланжевен (1872–1946 (74)), поскольку Хендрик Лорентц умер в феврале 1928 года. Также конгресс понёс потерю, как сказал П. Ланжевен, *«вследствие кончины Эрнеста Сольве, чья инициатива и великодушие позволили создать институт»*.

Темой конгресса были *«Магнитные свойства вещества»*, для понимания которых, как писал Н. Бор, *«сам Ланжевен сделал столь важный вклад и экспериментальное изучение которых значительно расширилось как раз в те годы, особенно благодаря исследованиям Вейса и его школы»*.

Именно на этом конгрессе *«Ферми сделал доклад о магнитных моментах атомных ядер, для которых, как это впервые подчеркнул Паули, следовало выяснить причину появления сверхтонкой структуры спектральных линий»*.



Энрико Ферми
(1901–1954 (53))
Ноб. пр. 1938 (37)

Кроме того, В. Паули сделал *«исчерпывающее изложение теоретической трактовки магнитных явлений»*. При этом Н. Бор продолжал, что В. Паули, *«с характерной для него ясностью и умением выделить существенное, рассмотрел также проблемы, выдвинутые Дираком в его остроумной квантовой теории электрона, где релятивистское волновое уравнение Клейна–Гордона было заменено системой уравнений первого порядка, допускающих естественное объединение спинового и магнитного мо-*

ментов электрона. В этой связи специально обсуждался вопрос о том, в какой мере можно рассматривать спиновый и магнитный моменты электрона как измеримые в том же смысле, что и масса и заряд электрона, определение которых покоится на рассмотрении явлений, полностью описываемых посредством классической терминологии... Понятие спина является абстракцией, допускающей обобщённую формулировку закона сохранения момента импульса. Эта ситуация подтверждается невозможностью измерения магнитного момента свободного электрона, о чём во всех подробностях говорилось в докладе Паули».

На конгрессе 1930 года был подведён итог дискуссии Нильса Бора и Альберта Эйнштейна о квантовой механике, начавшейся в 1927 году. А. Эйнштейн выдвинул новые аргументы, *«с помощью которых, – как писал Н. Бор, – он стремился опрокинуть принцип неопределённости, ис-*



Участники Шестого Сольвеевского конгресса 1930 года.

Сидят, слева направо: Т. Дондер, П. Зеeman, П. Вейсс, А. Зоммерфельд, М. Кюри, П. Ланжевен, А. Эйнштейн, О. Ричардсон, Б. Кабрера, Н. Бор, В. де Хааз. Стоят, слева направо: Э. Герцен, Э. Анрио, Дж. Вершафельт, Ч. Маннебах, Э. Коттон, Ж. Эррера, О. Штерн, А. Пикар, В. Герлах, Ч. Г. Дарвин, П. Дирак, Э. Бауэр, П. Л. Капица, Л. Бриллюэн, Х. Крамерс, П. Дебай, В. Паули, Я. Г. Дорфман, Д. ван Влек, Э. Ферми, В. Гейзенберг

пользуя эквивалентность энергии и массы, вытекающую из теории относительности. Так, он высказал предположение, что возможно определить с любой точностью энергию периодически испускаемого импульса излучения путём взвешивания аппарата, содержащего часы, связанные с затвором, высвобождающим импульс. Парадокс этот разрешается тем, что гравитационное поле оказывает влияние на ход часов, на основе которого сам А. Эйнштейн предсказал ранее красное смещение в спектральном распределении света, испускаемого массивными небесными телами. Определилась, как писал далее Н. Бор, **«необходимость ясного различения в квантовой физике между объектами и измерительными приборами».**

Нильс Бор писал, что Сольвеевский конгресс 1930 года, **«проходивший накануне того политического хода событий в Германии, которые вынудили Эйнштейна эмигрировать в Соединённые Штаты, был последним, в работе которого он принимал участие».**

Следующий конгресс 1933 года был посвящён теме **«Структура и свойства атомного ядра».** Это было время, когда, как справедливо писал Н. Бор, **«эта проблема находилась в стадии наиболее быстрого и богатого событиями развития».**

В своём докладе Джон Дуглас Кокрофт (1897–1967 (70); Ноб. пр. 1951 (54)), который в 1932 году (в 35 лет)



*Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)
и Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)*



*Джон Дуглас Кокрофт
(1897–1967 (70))
Ноб. пр. 1951 (54)*



*Участники Седьмого Сольвеевского конгресса 1933 года.
Сидят, слева направо: Э. Шрёдингер, И. Жоллио-Кюри, Н. Бор, А. Ф. Иоффе,
М. Складовская-Кюри, П. Ланжевен, О. Ричардсон, Э. Резерфорд,
Т. Дондер, М. де Бройль, Л. де Бройль, Л. Мейтнер, Дж. Чэдовик.
Стоят, слева направо: Е. Хенрот, Ф. Перрен, Ф. Жоллио-Кюри, Е. Стахель,
Э. Ферми, Э. Уолтон, П. Дирак, П. Дебай, Н. Мотт, Б. Кабрера,
Дж. Гамов, В. Боте, П. Блэкетт, С. Розенблум, Ж. Эррера, Э. Бауэр,
В. Паули, Дж. Вершафельт, М. Косинс, Э. Герцен, Д. Кокрофт, Ч. Эллис,
Р. Пайерлс, А. Пикар, Э. Лоуренс, Л. Розенфельд*

вместе с Эрнестом Томасом Уолтоном (1903–1995 (92); Ноб. пр. 1951 (48)) сконструировал высоковольтную установку, рассказал об осуществлении первой ядерной реакции с искусственно ускоренными до больших скоростей протонами. В 1951 году оба автора за эти пионерские результаты получили Нобелевскую премию по физике. Далее Дж. Кокрофт сравнил эти данные с результатами проведённых в Беркли экспериментов с дейтронами, ускоренными в циклотроне, построенном в 1931 году Эрнестом Лоуренсом (1901–1958 (57)), получившим за это в 1939 году (в 38 лет) Нобелевскую премию. Из-за начала Второй мировой войны церемония награждения была отменена, премия была вручена Э. Лоуренсу в 1941 году в Беркли, а нобелевскую лекцию он прочитал в Стокгольме 11 декабря 1951 года.

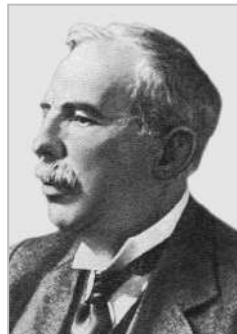
Эрнест Резерфорд, как писал Н. Бор, **«выразив чувство большого удовлетворения, которое принесло ему новейшее развитие того, что он на-**



*Эрнест Томас Уолтон
(1903–1995 (92))
Ноб. пр. 1951 (48)*



*Эрнест Лоуренс
(1901–1958 (57))
Ноб. пр. 1939 (38)*



*Эрнест Резерфорд
(1871–1937 (66))
Ноб. пр., хим. 1908 (37)*



*Джеймс Чэдвак
(1891–1974 (83))
Ноб. пр. 1935 (44)*



*Ирен Кюри
(1897–1956 (59))
Ноб. пр., хим. 1935 (38)
и Фредерик Жолио
(1900–1958 (58))
Ноб. пр., хим. 1935 (35)*



*Патрик Блэкетт
(1897–1974 (77))
Ноб. пр. 1948 (51)*

звал современной алхимией, сообщил о результатах, которые он вместе с Олифантом только что получил путём бомбардировки лития протонами и дейтронами, что принесло доказательство существования изотопов водорода и гелия с атомными массами 3».

Колоссальное значение имел результат Джеймса Чэдвака – открытие нейтрона (Ноб. пр. 1935 (44)), подтвердившее предвидение Эрнеста Резерфорда **«о тяжёлых нейтральных составляющих атомного ядра».**

На этом же конгрессе в докладе (как писал Н. Бор) Фредерика Жолио и Ирен Кюри было сообщено об открытой только за несколько месяцев перед конгрессом **«так называемой искусственной радиоактивности, которая создаётся контролируемым распадом ядер»**, при котором были обнаружены процессы β -распада с испусканием как положительных, так и отрицательных электронов (Ноб. пр., хим. 1935). Далее в дискуссии Патрик Блэкетт (1897–1974 (77); Ноб. пр. 1948 (51)) рассказал об открытии позитрона Карлом Андерсоном (1905–1991 (86); Ноб. пр. 1936 (31)) и им самим при исследовании космических лучей и интерпретации этого в рамках релятивистской теории электрона Поля Дирака (Ноб. пр. 1933 (31)).



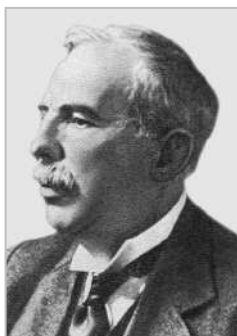
*Карл Андерсон
(1905–1991 (86))
Ноб. пр. 1936 (31)*



*Поль Дирак
(1902–1984 (82))
Ноб. пр. 1933 (31)*



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)



Эрнест Резерфорд
(1871–1937 (66))
Ноб. пр., хим. 1908 (37)

Нильс Бор резюмировал эти исключительно важные факты, доложенные на одном конгрессе: *«Фактически мы оказались перед началом новой стадии развития квантовой физики, имеющей дело с процессами рождения и аннигиляции материальных частиц, аналогичных процессам испускания и поглощения излучения, в которых рождаются и исчезают фотоны... Наличие античастиц оказалось фундаментальным свойством вещества».*

Центральный вопрос конгресса – о структуре и стабильности атомного ядра в целом – рассматривался в докладе В. Гейзенберга, о чём Н. Бор писал, что В. Гейзенберг, *«исходя из принципа неопределённости, очень ясно почувствовал зыбкость предположения о том, что на протяжении столь малой области, какую занимает атомное ядро, находятся столь лёгкие частицы, как электроны».* Открытие нейтрона позволило В. Гейзенбергу сразу *«принять, что реальными составными частями ядра являются только протоны и нейтроны».* И именно на этой основе он смог дать объяснение многих свойств ядер.

Завершил Н. Бор рассказ о конгрессе 1933 года следующим высказыванием: *«Центральной фигурой был, конечно, Резерфорд, как всегда с необыкновенной энергией принимавший участие во многих дискуссиях. Этот конгресс оказался последним, в котором он имел возможность участвовать. Он скончался в 1937 году. Его научная жизнь была на редкость плодотворной, и в истории физической науки трудно найти другой такой пример для сравнения».*

О влиянии событий Второй мировой войны на Сольвеевские конгрессы Н. Бор писал: *«Политические события, приведшие ко Второй мировой войне, на многие годы разрушили регулярные сессии Сольвеевских конгрессов. Они были возобновлены только в 1948 году. В те тревожные годы прогресс ядерной физики не ослабевал. Он был даже доведён до практического использования внутренней энергии, заключённой в ядерном ядре. Хотя серьёзные осложнения в связи с этим прогрессом были у каждого на уме, никакого упоминания о них на конгрессе не было».*

Проблемой, рассматриваемой на конгрессе 1948 года, была *«Элементарные частицы».* Как писал Н. Бор, это область, *«в которой появились новые перспективы благодаря открытию частиц с массой покоя, лежащей между массами электрона и нуклона».*

Такие частицы – мезоны – были предсказаны в 1935 году Хидэки Юкава (1907–1981 (74)); Ноб. пр. 1949 (42)) и экспериментально обнаружены в космических лучах в 1938 году Карлом Андерсоном (1905–1991 (86); Ноб. пр. 1936 (31)).

В своём докладе Сесиль Пауэлл (1903–1969 (66); Ноб. пр. 1950 (47)) сообщил *«о систематических исследованиях треков на фотопластинках, подвергавшихся действию космического излучения, а также об эффектах соударений нуклонов, обладающих высокой энергией, которые были впервые получены на гигантском циклотроне в Беркли»*.

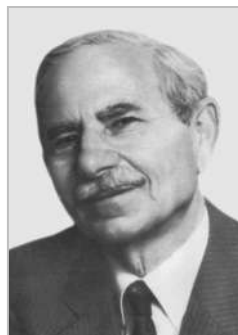
На конгрессе, однако, как писал Н. Бор, *«несмотря на обнадеживающие успехи в различных направлениях, возникло общее убеждение, что физика стоит перед началом эпохи, когда потребуются новые теоретические взгляды»*.

Ко времени конгресса *«всё же искали путь дальнейшего развития в направлении изучения различных соотношений симметрии. И этот путь оправдал себя, что подтверждается быстрым успехом в открытии множества частиц, проявляющих столь неожиданные свойства, что они даже были охарактеризованы различной степенью „странности“»*.

Завершая своё Послание 12-му Сольвеевскому конгрессу в Брюсселе в октябре 1961 года, Нильс Бор писал: *«В заключение я хочу надеяться, что настоящий обзор некоторых черт исторического развития будет воспринят, как выражение признательности Сольвеевскому институту, которому сообщество физиков многим обязано, и в равной степени выражением тех надежд, которые мы все связываем с его будущей деятельностью»*.

Анатоль Абрагам, который много лет был членом Совета Сольвеевских конгрессов, писал в своей книге: *«Сольвеевские конгрессы всё ещё существуют, но их теперешняя роль ничтожна по сравнению с той, которую они когда-то играли»*.

Далее приводится перечень Сольвеевских конгрессов.



Анатоль Абрагам
(1914–2011 (97))

Сольвеевские конгрессы по физике			
№	Дата	Название	Председатель
1	1911	Излучение и кванты	Хендрик Лорентц
2	1913	Строение вещества	Хендрик Лорентц
3	1921	Атомы и электроны	Хендрик Лорентц

4	1924	Проводимость металлов	Хендрик Лорентц
5	1927	Электроны и фононы	Хендрик Лорентц
6	1930	Магнитные свойства вещества	Поль Ланжевен
7	1933	Структура и свойства атомного ядра	Поль Ланжевен
8	1948	Элементарные частицы	Уильям Брэгг
9	1951	Твердое тело	Уильям Брэгг
10	1954	Электроны в металлах	Уильям Брэгг
11	1958	Структура и эволюция Вселенной	Уильям Брэгг
12	1961	Квантовая теория поля	Уильям Брэгг
13	1964	Структура и эволюция галактик	Роберт Оппенгеймер
14	1967	Фундаментальные проблемы в физике элементарных частиц	Роберт Мёллер
15	1970	Симметрические свойства ядра	Эдоардо Амальди
16	1973	Астрофизика и гравитация	Эдоардо Амальди
17	1978	Хаос и порядок в равновесной и неравновесной механике	Леон Ван Хове
18	1982	Физика высоких энергий	Леон Ван Хове
19	1987	Теория поверхностей	Фритц де Ветте
20	1991	Квантовая оптика	Поль Мандел
21	1998	Динамические системы и необратимость	Иоанниус Антониу
22	2001	Физика коммуникаций	Иоанниус Антониу
23	2005	Квантовая структура пространства-времени	Дэвид Гросс

Вернёмся после короткого экскурса в историю Сольвеевских конгрессов, в основании которых Макс Планк играл одну из ведущих ролей, к самому Макс Планку, который считал свои научные заслуги весьма скромными.



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

В ответ на приветственные речи, произнесённые на торжественном заседании Немецкого физического общества в апреле 1918 года по случаю его 60-летия (Нобелевскую премию по физике он получит только в декабре 1918 года), М. Планк сказал: *«Представьте себе горняка, который с напряжением всех своих сил ведёт разведку благородной руды и которому однажды попадётся жила самородного золота, причём при ближайшем исследовании она оказывается бесконечно богаче, чем можно было предполагать заранее. Если бы он сам не натолкнулся на этот клад, то, безусловно, вскоре посчастливилось бы его товарищу»*. Далее Макс Планк назвал целый ряд физиков, прежде всего Альберта Эйнштейна, Нильса



Луи де Бройль
(1892–1987 (95))
Ноб. пр. 1929 (37)



Эрвин Шрёдингер
(1887–1961 (74))
Ноб. пр. 1933 (46)



Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)

Бора и Арнольда Зоммерфельда, благодаря работам которых кванты действия обрели своё значение.

Конечно же, в разработке квантовой теории принимали участие многие учёные, но происхождение этой фундаментальной науки XX века связано с именем Макса Планка. Луи де Бройль заметил: *«Таинственная постоянная h – великое открытие Макса Планка»*.

В своей нобелевской речи в 1918 году М. Планк говорил: *«Конечно, введение кванта действия ещё не создаёт никакой истинной теории квантов. Может быть, путь, который ещё остался для исследования, не менее далёк, чем путь от открытия скорости света Олафом Рёмером до обоснования теории света Джеймсом Максвеллом»*.

В 20-е годы XX века появилась блестящая плеяда молодых физиков-теоретиков: Эрвин Шрёдингер, Луи де Бройль, Вольфганг Паули, Вернер Гейзенберг, Поль Дирак и др. Их усилиями и талантом были созданы квантовая механика, квантовая статистика и несколько позже квантовые электродинамика и радиофизика.

Макс Планк начинал исследования на очень узком участке: обмен энергией между излучением и веществом. В итоге появился совершенно новый подход к явлениям природы. И этот подход распространился буквально на все области физики, породил множество технических идей.



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)



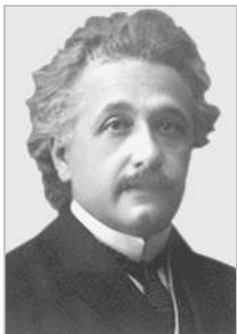
Поль Дирак
(1902–1984 (82))
Ноб. пр. 1933 (31)



Герман Минковский
(1864–1909 (45))



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

Макс Планк одним из первых физиков понял значение теории относительности Альберта Эйнштейна в те годы, когда гипотеза квантов проходила проверку временем. Он ещё раньше, чем Герман Минковский (1864–1909 (45)), заложил основы релятивистской динамики. Сам А. Эйнштейн в журнале «*Naturwissenschaften*» за январь 1913 года писал о М. Планке: **«Он первым установил релятивистский закон движения материальной точки и показал, что принцип наименьшего действия имеет в теории относительности такое же фундаментальное значение, как в классической механике. В одном исследовании по динамике системы Планк указал на важную взаимозависимость, связывающую, согласно теории относительности, энергию и инертную массу».**

Именно Макс Планк добился того, что Альберт Эйнштейн был избран в Прусскую академию наук и в 1914 году переехал из Цюриха в столицу Германии. Дружеские отношения, сложившиеся между учёными, перешли в многолетнюю дружбу. Эти люди были поразительно не похожи во всём, кроме любви к науке и музыке. Стройный, худощавый М. Планк с большой лысиной казался отцом молодого крепыша А. Эйнштейна. Когда он смотрел на собеседника, то это был взгляд очень пронизательного человека. Но, как писали современники, если М. Планк был рассеян, углублён в себя, то мог часами сидеть, неподвижно сцепив тонкие пальцы музыканта на острых коленях. А. Эйнштейна это раздражало, и он иронизировал, что **«Планк ломает голову над тем, как вывести физику из затруднительного положения, которое сложилось благодаря его же собственным работам».**

М. Планк и А. Эйнштейн часто встречались, не столько для учёных разговоров, сколько ради музыки. Игра на фортепиано Макса Планка пленяла ясностью трактовки произведения, высокой одухотворённостью и чистотой. Кумиром Макса Планка оставался Иоганн Себастьян Бах, а любимым композитором Альберта Эйнштейна, который играл на скрипке смело, широко, с какой-то особой артистичностью, был Вольфганг Амадей Моцарт.

М. Планк жил в предместье Берлина – Грюневальде, на Вангеймштрассе. Дом его был расположен рядом с лесом, в доме было уютно и просторно. Огромная, подобранная со вкусом библиотека, музыкальная комната, где хозяин дома своей игрой на фортепиано радовал слух различных посещавших его знаменитостей.

У Макса Планка было четверо детей, он счастливо прожил с женой более двадцати лет. К сожалению, в 1909 году она умерла, что было ударом для М. Планка, от которого он долго не мог оправиться. После этого в жизни учёного началась длительная полоса несчастий. Триумф теории квантов совпал с гибелью его старшего сына Карла под Верденом. Затем одна за другой умерли его дочери-близнецы. На попечении М. Планка остались двое малолетних внучат, которые являлись постоянной его заботой и радостью. Смерть дочерей предшествовала присуждению учёному Нобелевской премии по физике в 1918 году.

Макс Планк, хрупкий с виду человек, не предавался отчаянию от житейских несчастий. Он искал и находил утешение в работе: у себя дома – он физик-теоретик, в университете – загруженный профессор, в Прусской академии наук – непреременный секретарь. Макс Планк с большим воодушевлением и интересом читал популярные научные лекции, он испытывал *«настоятельную потребность»* их читать. Он писал книги, учебники и, конечно, свои научные статьи. Альберт Эйнштейн говорил: *«То удовольствие, которое испытываешь, когда берёшь в руки эти книги, в немалой степени обусловлено простым, поистине художественным стилем, присущим всем работам Планка. При изучении его трудов вообще создаётся впечатление, что требование художественности является одной из главных пружин его творчества».*

Макс Планк старался строить жизнь, не обращая внимания на мелочи. Он был пунктуален и дисциплинирован в распорядке своего рабочего дня, но умел и отдыхать как никто из его коллег: любил путешествия, экскурсии, перемену обстановки. М. Планк установил для себя железное правило: ежегодно давать себе несколько недель полного отдыха. Он был бодр и деятелен, а его работоспособности могли позавидовать и молодые.

М. Планк женился вторично на племяннице покойной жены – Маргарет Геслин, дочери художника. У них родился сын Эрвин.

Когда отмечалось 200-летие Академии наук СССР, Макс Планк был приглашён в Советский Союз. В интервью корреспондентам газет он говорил: *«Русская наука идёт в ногу с европейской. Академия наук СССР – это лучший исследовательский институт. Россия может гордиться громадным вкладом в ми-*



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

ровую сокровищницу знаний, который сделан в последние годы русскими физиками. Германские учёные преклоняются перед энергией, с которой работают русские академики. Вся Германия знает и интересуется достижениями русской науки. Я уверен, что благодаря моему пребыванию здесь мне удастся установить твёрдую научную связь между Россией и Германией. Физическая наука ощущает острую необходимость во взаимном обмене открытиями, работами и изобретениями. Русская физика может многое взять от нас, но не меньше и мы можем взять у России».

Макса Планка поразили достопримечательности Ленинграда и пригородов. Со стрелки Васильевского острова ему не хотелось уходить.

В 1932 году отмечался полувековой юбилей научной деятельности великого физика. Немецкое физическое общество присудило Максу Планку золотую медаль имени Альберта Эйнштейна. Однако М. Планк много раз сожалел потом, что на этом событии жизнь его не закончилась...

1933-й год. К власти в Германии пришли фашисты.

По всей стране сжигали на кострах книги, было уничтожено более десяти тысяч частных и государственных библиотек, вожди рейха заявляли: *«Мы не были и не хотим быть страной Гёте и Эйнштейна!»* Учёных изгоняли из университетов и институтов. Лишь немногим удалось эмигрировать.

На 1 апреля 1933 года – день бойкота евреев – национал-социалисты назначили исключение из Прусской академии наук Альберта Эйнштейна, но он, предчувствуя такие события, ещё раньше уехал в Бельгию, где заявил о выходе из академии и отказался от прусского гражданства, которое должен был принять, когда его выбрали в Прусскую академию наук.

Тайный советник профессор Макс Планк был подавлен и сбит с толку. Всё происходящее в Германии напоминало ему тяжёлый бред, он ничего не понимал. Он был всегда далёк от политики и плохо в ней разбирался. Ещё в период Первой мировой войны, поддавшись на лозунги императора Вильгельма II о *«долге перед отечеством»*, *«о священной миссии»*, М. Планк даже поставил подпись под воззванием немецких университетов. На что А. Эйнштейн, отказавшийся ставить свою подпись, заметил: *«Планк понимает в политике столько же, сколько котёнок в „Отче наш“»*. С годами М. Планк не стал прозорливее. Он считал, что фашизм – это *«временные эксцессы»* и что в течение года *«всё должно утрястись»*. Макс Планк, как и миллионы его соотечественников, оставался там, где был, и тем, кем был, – на своих высоких должностях в немецкой науке: непременным секретарём Прусской академии наук и президентом Общества кайзера Вильгельма со всеми его 35 институтами. Он считал необходимым защитить науку и лучших её представителей от человеконенавистнического заявления Гитлера задушить *«еврейскую физику»*. Макс Планк пытался отстаивать учёных Общества кайзера Вильгельма и весной 1933 года (75 лет) был даже представлен по этому делу Гитлеру. Визит был непродолжительным. Через

14 лет, перед концом своей жизни, 89-летний великий физик записал, что *«во время аудиенции у Гитлера через непродолжительное время его рассказа о науке у фюрера началась истерика: он кричал, что Планк позорит Германию, что он, Гитлер, истребит врагов рейха вместе с их заступниками, орал, топал ногами»*. Вбежала охрана, решив, видимо, что престарелый профессор душит фюрера.

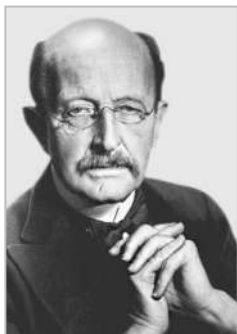
Иллюзии Макса Планка о временных эксцессах постепенно рассеивались под давлением нацистской диктатуры. В мае 1937 года в докладе *«Религия и естествознание»* Макс Планк сумел в завуалированной форме высказать своё отрицательное отношение к фашизму, которое слушатели и читатели прекрасно поняли, и выступление М. Планка имело громадный успех. К своему 80-летию (24.04.1938) он получил поздравление от профессора математики Рихарда Фукса, отстранённого нацистами от преподавания *«по политическим мотивам»*. В ответ М. Планк послал ему свою фотографию с надписью: *«Я обрадовался Вашему любезному письму и в особенности тому, что Вы не падаете духом в эти отвратительные времена, что Вы имеете мужество жить и высоко держать знамя любви к своей науке»*.

Несмотря на ужасы войны, в 1942 году Макс Планк продолжал работать, размышлять. В одной из своих статей он писал: *«В настоящее время научное исследование, оплодотворённое теорией относительности и квантовой теорией, готово достичь более высокой ступени развития и создать новую картину мира»*.

Молодость Макса Планка прошла в тиши университетских аудиторий и библиотек. Старость его проходила теперь по руинам и пожарищам кровопролитнейшей из войн. Жизнь продолжала наносить удары великому учёному. Его младший сын Эрвин был в числе участников заговора против Гитлера. Его судили в июле 1944 года и приговорили к смерти. Прошение о помиловании, поданное Максом Планком, нобелевским лауреатом и президентом Общества кайзера Вильгельма, осталось без ответа. В конце января 1945 года сын великого немецкого физика был повешен.

Наступала весна 1945 года, агония фашизма, Берлин под бомбами в огне. К счастью, М. Планк воспользовался гостеприимством своего знакомого и находился уже к этому времени в его имении Рогец на Эльбе, близ Магдебурга. Но в Касселе, куда он должен был поехать по делам, учёный едва не погиб, попав под англо-американскую бомбардировку, стёршую город с лица земли. М. Планк оставался в заваленном бомбоубежище в течение нескольких часов.

В мае 1945 года развернулось сражение на Эльбе и поместье Рогец было разрушено. Чета Планков направилась в Гёттинген, где по дороге их ограбили. В Гёттинген Макс Планк добрался в плачевном состоянии с подорванными силами, обострившимся артритом позвоночника. Он был сначала в университетской клинике, а затем переехал к одной из своих племянниц, и уже через несколько недель учёный смог опять выступать с докладами, деятельно участвовать в восстановлении бывшего Общества кайзера Вильгельма и в налаживании нормальной жизни.



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

После того как на Японию в августе 1945 года были сброшены американские атомные бомбы, Макс Планк в своем докладе *«Смысл и границы точных наук»* выступил с предупреждением: **«Надо отнестись достаточно серьезно к опасности самоуничтожения, угрожающей всему человечеству в случае применения большого количества таких бомб в грядущей войне. Никакая фантазия не может представить себе все последствия этого. 80 тысяч убитых в Хиросиме, 40 тысяч убитых в Нагасаки являются самым настоящим призывом к миру, обращенным ко всем народам и, особенно, к государственным деятелям».**



Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)

Летом 1946 года М. Планк был приглашен в Англию на Ньютоновские торжества, где он представлял немецкую науку и ему были оказаны достойные его славы почести.

Не дожив нескольких месяцев до своего 90-летия, 4 октября 1947 года основатель квантовой физики, один из корифеев науки XX века скончался. Похоронен Макс Планк в Гёттингене – городе, где шестьдесят лет назад университет присудил молодому физiku премию за монографию *«Принцип сохранения энергии»*, откуда, собственно, и пошла его слава учёного. После смерти великого физика бывшему Обществу кайзера Вильгельма было присвоено имя Макса Планка.



Луи де Бройль
(1892–1987 (95))
Ноб. пр. 1929 (37)

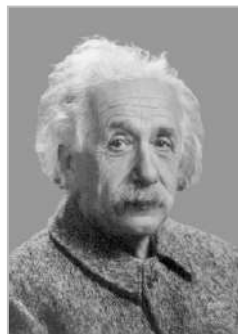
В своей речи на похоронах учителя Макс фон Лауэ сказал: **«В жизни Планка произошло то, что происходит в жизни всех великих учёных. Один важный вопрос разрешён, многие другие – именно вследствие этого – поставлены. Решение их предоставляется потомкам. Пусть они берутся за него с тем же научным мужеством в искании истины, которое было свойственно Планку».**

Луи де Бройль в книге *«Революция в физике»* писал: **«Можно только восхищаться гениальностью Планка, который, изучая частное физическое явление, оказался в состоянии угадать один из самых основных и наиболее загадочных законов природы. Много лет прошло со дня этого замечательного**

открытия, но мы всё ещё далеки от полного понимания значения этого закона и всех его следствий. День, когда была введена постоянная Планка, останется одной из самых замечательных дат в истории развития человеческой мысли».

В статье «Памяти Макса Планка» Альберт Эйнштейн написал: **«Именно закон излучения Планка дал первое точное определение абсолютных размеров атомов. Он убедительно показал, что кроме атомистической структуры материи существует своего рода атомистическая структура энергии, управляемая универсальной постоянной h , введённой Планком».**

Не числом написанных книг и статей (около 250) измеряются великие достижения Макса Планка в физике, памятником ему, открывшему дверь в мир атома, является квантовая физика, непрерывно развивающаяся и являющаяся современным орудием познания.



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

ГЛАВА 4

КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ФОТОЭФФЕКТА И ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Альберт ЭЙНШТЕЙН

После открытия Максом Планком элементарного кванта действия в конце 1900 года прошло пять лет, и 26-летний, никому не известный **«батрак Патентного бюро в Берне»**, как он сам себя называл, Альберт Эйнштейн опубликовал в течение 1905 года в журнале *«Анналы физики»* (*«Annalen der*



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

Physik») пять научных работ по самым животрепещущим направлениям физики того времени: атомистике, теории квантов, специальной теории относительности, представлении о релятивистской модели Вселенной. Эти труды заложили основу его мировой славы и относятся к наиболее значительным исследованиям в физике XX века.

Спокойная атмосфера уютного Берна, в котором ещё господствовали старые традиции, дружеское участие приятелей, необременительная служба в Патентном бюро, простой домашний быт, иногда омрачаемый не всегда простыми домашними отношениями, позволяли молодому Альберту Эйнштейну достаточно плодотворно работать.

Известность, которую позднее приобрёл А. Эйнштейн, опирается наoretические открытия, сделанные им в Берне, Праге, Цюрихе и Берлине.

Начало новой физики

Альберт ЭЙНШТЕЙН (1879–1955 (76); Ноб. пр. 1921 (42))



Герман Эйнштейн,
отец А. Эйнштейна

Альберт Эйнштейн родился 14 марта 1879 года в Ульме, в Швабии, где его предки, еврейские ремесленники и торговцы, поселились около трёхсот лет назад. По языку и своим привычкам они не отличались от коренного населения и чувствовали себя вюртембергцами и немцами. Отец А. Эйнштейна, Герман, вскоре после рождения сына, в начале 1880 года, переселился со всей семьей в Мюнхен, столицу Баварии, где открыл мастерскую по ремонту электроприборов. В Мюнхене Альберт поступил в гимназию Луитпольда, но царившая там муштра не приносила радости в учёбе, а одни лишь разочарования. Через

несколько лет мастерская отца потерпела крах, и родители с сестрой уехали в Северную Италию, а Альберта оставили в пансионе. Но ему было очень плохо без своей семьи. К тому же он не был вундеркиндом, подобно Карлу Фридриху Гауссу (1777–1855 (78)) или Андре Мари Амперу (1775–1836 (61)), не был и гением-полиглотом, как Генрих Герц или Мария Склодовская. В средней школе он мало выделялся. При своей склонности к одиночеству юноша плохо переносил полувоенный школьный порядок баварской государственной гимназии. И ранней весной 1895 года, не получив никакого документа об образовании из своей школы, Альберт Эйнштейн самостоятельно через Готтардский перевал отправился к родителям в Милан. Альберт покидал родину с чувством глубокой неприязни, как он сказал позднее, *«к немецкому солдафонству, милитаристской трескотне, тупой маршировке баварских и прусских военных отрядов»*, которую он наблюдал на улицах Мюнхена. Тогда же юноше пришлось столкнуться и с немецким антисемитизмом, хотя ещё в сравнительно мягких формах.



Паулина Эйнштейн,
мать А. Эйнштейна

В Милане Альберт начал посещать Международную школу, где большинство преподавателей были швейцарцами. Поэтому юный А. Эйнштейн получил именно от швейцарцев первые представления о воспитательных методах Песталоцци, которые выгодно отличались от принципов немецких школ.

Как вспоминал позднее сам Альберт Эйнштейн, несколько событий детства оставили в его сознании очень чёткие отпечатки и сыграли в дальнейшем большую роль в его судьбе.

В четыре-пять лет, играя с компасом, Альберт заметил, что, как бы ни поворачивать корпус, стрелка всегда показывала в одном и том же направлении. У него сразу возник вопрос: что за таинственные силы действуют на стрелку? Тридцать лет спустя ответы на подобные вопросы привели к революции во взглядах на строение Вселенной.

Получив в 12 лет учебник геометрии к началу учебного года и тут же прочитав его, Альберт был потрясён ясностью и убедительностью доказательств и наглядностью поясняющих рисунков и фигур. В своей автобиографии значительно позже А. Эйнштейн заметил: *«Кто не был в молодости захвачен этим трудом, тот не родился исследователем-теоретиком»*.

Наконец, в 13 лет молодой человек познакомился с двумя книгами.



Молодой Альберт Эйнштейн

Одной из них было популярное изложение достижений естествознания Арона Бернштейна *«Естественно-научные книги для народа»*. Альберт читал эти томики, *«не переводя дыхания»*, как позже написал в своей автобиографии. Прежде всего он обратил внимание на понятие скорости света, которое через 12 лет приобрело фундаментальное физическое значение в трудах Эйнштейна при создании специальной теории относительности.

Второй оказалась книга Людвиг Бюхнера *«Сила и материя»*. Именно эта книга помогла молодому Альберту Эйнштейну избавиться от веры в библейские сказания. Обе книги привели к тому, что молодой человек стал атеистом, как и его родители, и перестал доверять авторитетам. Сам А. Эйнштейн говорил, что в нём развилось *«скептическое отношение к верованиям и убеждениям, жившим в окружающей его среде»*.

Свободолюбие молодого А. Эйнштейна, сформировавшееся у него как сопротивление немецким школьным порядкам и поддержанное его швейцарскими преподавателями, было таково, что он попросил своего отца получить для него (он был ещё несовершеннолетним – 16 лет) освобождение от германского гражданства. Он больше не желал быть гражданином империи Вильгельма II и Бисмарка, в которой прославлялись военное дело и политика крови. Из общины Ульма пришёл ответ, что она освобождает Альберта Эйнштейна от вюртембергского гражданства с начала 1896 года. Молодой А. Эйнштейн не имел гражданства затем в течение пяти лет, пока в 1901 году на свои сбережения не купил швейцарское подданство.

Стеснённое материальное положение родителей привело к тому, что Альберт Эйнштейн всё же должен был уехать из Италии. Поскольку у Альберта не было аттестата зрелости, для подготовки к учёбе в Высшей технической школе в Цюрихе ему необходимо было посещать последний класс школы кантона Аарау в Швейцарии с октября 1895 года до осени 1896 года и получить там аттестат.



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

Годы жизни в Аарау, несмотря на бытовые трудности, оставили самые светлые воспоминания молодости у А. Эйнштейна ещё и потому, что его принимали как родного сына в доме семейства Винтелер. Школьное время, проведённое в Аарау, навсегда осталось для А. Эйнштейна *«незабвенной порой жизни в европейском оазисе – Швейцарии»*.

Итак, осенью 1896 года началась учёба в Высшей технической школе в Цюрихе. Молодой Альберт Эйнштейн решил стать учителем физики.

У родителей не было возможности помогать сыну материально, кроме с трудом собираемых для него ста франков. Поэтому в студенческие

годы будущий великий физик XX века должен был отказаться от очень многого необходимого. Частое недоедание впоследствии неблагоприятно сказалось на состоянии его здоровья.

А. Эйнштейн жил очень скромной студенческой жизнью. Иногда он давал уроки. Его вполне удовлетворяла меблировка комнаты, состоявшая из простого стола, шкафа и двух стульев. Он писал об этом времени: *«Комфорт и благополучие никогда не были для меня самоцелью. Доброта, красота и правда – вот идеалы, которые освещали мой жизненный путь, вновь и вновь возрождая в моей душе радость и мужество. Жизнь показалась бы мне пустой, если бы не было у меня чувства душевного родства с людьми, разделяющими моей реальности, вечно неуловимой и недостижимой в сфере искусства и в научных исследованиях. С юных лет я презираю банальные цели человеческих устремлений: богатство, успех, роскошь».*

В учебной группе Альберт Эйнштейн учился вместе с Милевой Марич, девушкой из сербской семьи, приехавшей в Швейцарию, чтобы получить специальность учительницы. К сожалению, у неё отсутствовало математическое дарование, и без помощи Альберта она не получила бы выпускного свидетельства (которое давалось женщинам по окончании курса высшей школы). Милева не уделяла внимания своей внешности, страдала туберкулезом суставов, хромила, была неврастенична и очень ревнива (умерла она в 1943 году в Цюрихе). Родители А. Эйнштейна не обрадовались появлению такой невестки: мать пришла в ужас от её полной бесхозяйственности, а отец А. Эйнштейна дал согласие на брак молодых людей лишь на смертном одре.

Домашний уклад молодой пары был беспорядочен и сильно отдавал духом богемы. Милева, вероятно, пыталась создать хотя бы видимость спокойной обстановки, но это у неё, как правило, не получалось.

Будущий же учёный Альберт Эйнштейн не совсем обычно относился к занятиям. Лекциями по математике он пренебрегал в такой степени, что его преподаватель Герман Минковский, будучи ошеломлён впоследствии теорией относительности, сказал Макс Бору: *«Ах, Эйнштейн! Это тот, который всегда отлынивал от лекций. Я не стал бы ему доверять!»* Однако А. Эйнштейн в студенчестве



Герман Минковский
(1864–1909 (45))



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)



Герман Гельмгольц
(1821–1894 (73))

отнодью не был лентяем. Он усиленно занимался самоподготовкой, что отвечало его склонности к размышлениям, знакомился вдумчиво с главными трудами Германа Гельмгольца, Генриха Герца, Густава Кирхгофа, Джеймса Максвелла.

В существовании молодого А. Эйнштейна бурная жизнь студенческих корпораций и традиционные сборища за кружкой пива не занимали особого места. При этом он повторял слова Отто Бисмарка: **«Пиво делает людей глупыми и ленивыми»**, а сам для себя решил, что станет исследователем в области теоретической физики.



Генрих Герц
(1857–1894 (37))

Уже в это время Альберт Эйнштейн хорошо играл на скрипке, начав обучаться этому ещё с шести лет по настоянию матери. Он участвовал в разных музыкальных концертах как в частных домах, так и в городских собраниях. Он навсегда остался горячим поклонником Иоганна Себастьяна Баха и позже в одной популярной немецкой газете следующим образом ответил на вопрос анкеты: **«Что я могу сказать о творчестве Баха? Слушать, играть, любить, почитать и – помалкивать!»**

Склонность А. Эйнштейна к теоретическим размышлениям и медленному основательному продумыванию проблем не допускала ускоренных темпов. Поэтому нельзя сказать, что он легко окончил высшую школу. Дополнительно к перечисленным авторам он изучал труды Х. Лорентца и Л. Больцмана, а с последним даже вступил в переписку. Исследование Х. Лорентца по электродинамике движущихся тел получило через 10 лет формальную обработку в созданной А. Эйнштейном теории относительности. Г. Минковский **«признал формальное равноправие координат пространства и координат времени»**, как написал в своей работе в 1916 году А. Эйнштейн.

В зимнем семестре 1899/1900 года Эйнштейн сдал все зачёты, а летом 1900 года – трудные дипломные экзамены и получил диплом учителя физики.

После выпускного экзамена молодой учитель физики два года не имел постоянного места работы. Его заветное желание стать ассистентом в Высшей тех-



Густав Кирхгоф
(1824–1887 (63))

нической школе Цюриха не исполнилось. Он перебивался случайными преподаванием и замещениями. В 1902 году Альберт Эйнштейн по рекомендации отца своего школьного товарища получил место технического эксперта в Патентном бюро Берна. Его работа заключалась в проверке патентных заявок и выписывании свидетельств.

Размеренная спокойная служба в Патентном бюро оставляла начинающему учёному достаточно времени для профессиональных размышлений. Сам А. Эйнштейн был мыслящим исследователем: он мало читал и много думал. К счастью, образовался кружок, членами которого были студент-философ Морис Соловин, математик Конрад Габихт и Альберт Эйнштейн. Они назвали свой кружок гордо и иронично «Академия Олимпия». Три «академика» читали и очень подробно обсуждали труды Пирсона, Маха, Юма, Спинозы, Милля, Авенариуса, Ампера, Гельмгольца, Римана, Пуанкаре и др. На повестках дней заседаний «Академии Олимпии» были также обсуждения выдающихся произведений художественной литературы. Для разнообразия А. Эйнштейн играл на скрипке. Все эти интеллектуальные занятия послужили для будущего учёного своеобразной тренировкой, способствовали успеху его исследований, результаты которых были представлены научной общественности в 1905 году. В этом же году «Академия Олимпия» после успешного трёхлетнего существования прекратила свою деятельность, поскольку Габихт и Соловин покинули Берн.

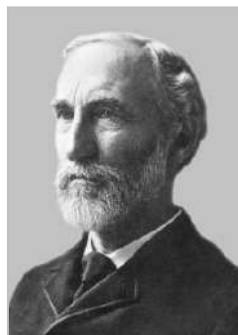
В 1902–1903 годах в Берне, когда у А. Эйнштейна вновь пробудилась страсть к научной работе, он написал сразу два исследования по основам термодинамики. Примерно этим же занимался в то время и Джозайя Гиббс. Независимо друг от друга они пришли к одинаковым результатам. Закон излучения Макса Планка позволил впервые точно определить абсолютные размеры атомов, а также подтвердилась и справедливость утверждения А. Эйнштейна о том, что *«наряду с атомной структурой материи существует еще атомная структура явле-*



*Джеймс Максвелл
(1831–1879 (48))*



*Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)*



*Джозайя Уиллард Гиббс
(1839–1903 (64))*

ний, управляемых константой h , введённой Планком». После этого, как позже писал А. Эйнштейн, **«можно было считать, что заложены основы для всех физических исследований XX века».**

О выборе своего направления в науке А. Эйнштейн писал впоследствии: **«Интерес к исследованию природы, несомненно, был сильнее. Мне, как студенту, не было ещё ясно, что доступ к более глубоким принципиальным проблемам в физике требует тончайших математических методов. Это стало выясняться лишь постепенно, после многих лет самостоятельной научной работы».**

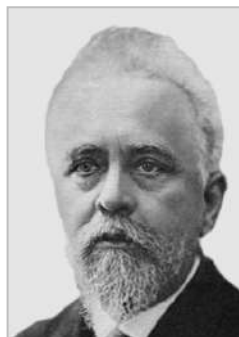
Начались теоретические открытия молодого (26 лет) Альберта Эйнштейна, которые привели к новому взгляду на природу.

Первое исследование было связано с физическим рассмотрением броуновского движения взвешенных в жидкости частиц. Впервые такое явление было замечено ботаником Робертом Броуном в 1827 году при наблюдении



Мариан Смолуховский
(1872–1917 (45))

цветочной пыльцы под микроскопом. А. Эйнштейн, не зная предшествующих экспериментальных исследований, путём только теоретических размышлений пришёл к точному математическому описанию зависимости между скоростью движения частиц и вязкостью жидкости, в которой эти частицы движутся. Метод, предложенный Альбертом Эйнштейном для определения размеров молекул, и полученная формула позволяли подсчитать число молекул. Основой для выводов А. Эйнштейна послужили результаты польского физика Мариана Смолуховского (1872–1917 (45)) по применению статистического рассмотрения броуновского движения в кинетической теории атомов Л. Больцмана. В 1908 году **«Эйнштейновский закон броуновского движения»**, как теперь его называют, был экспериментально подтверждён Жаном Перреном (1870–1942 (72); Ноб. пр. 1926 (56)), который именно за эту работу получил Нобелевскую премию. Благодаря открытиям 1905–1908 годов противник теории атома Вильгельм Оствальд был, как он писал в своем дневнике в 1908 году, **«обращён в атомизм»**. Значительность работы молодого А. Эйнштейна позволила Макс Борну сказать, что **«Эйнштейн, самостоятельно разрабатывая вопрос, заново открыл все основные направления статистической механики».**



Жан Перрен
(1870–1942 (72))
Ноб. пр. 1926 (56)

Второй комплекс исследований молодого Альберта Эйнштейна основан на гипотезе кванта действия Макса Планка. Следует вспомнить, что к 1905 году прошло уже почти пять лет, как М. Планк высказал эту гипотезу в конце 1900 года. Однако физики того времени, кроме, может быть, Хендрика Лорентца, упомянувшего в одной из своих работ, что «... *гипотеза относительно конечных „элементов энергии“, которая привела к введению постоянной h , является существенной частью теории*», практически не заметили этого открытия или не сделали выводов из него.



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

А. Эйнштейн применил гипотезу М. Планка к свету. Сам же М. Планк полагал, что его квант действия применим только к тепловому излучению *«чёрного тела»*. А. Эйнштейн же рассматривал элементарный квант h как свойство света, являющегося электромагнитным колебанием. При этом в ходе рассуждений он пришёл к выводу, что *«всё-таки нужно признать корпускулярную структуру света»*, несмотря на взгляды физиков, сформировавшиеся в результате дискуссии И. Ньютона и Х. Гюйгенса. При этом А. Эйнштейн утверждал, что свет — это *«волновое явление, распространяющееся в мировом пространстве»*. Однако световая энергия, поскольку она действительно существует (например, световое давление, изменяющее ориентацию хвостов комет), сосредоточена только в определённых местах, как он сам говорил, как бы в форме *«горюшин»*. Именно поэтому свет имеет прерывную структуру и может рассматриваться как поток отдельных энергетических корпускул, *«зёррен»*, световых квантов или фотонов, а их энергия определяется элементарным квантом действия М. Планка и, значит, соответствующим числом колебаний (частотой). Свет различной окраски состоит из световых квантов различной энергии (различных частот или длин волн).

Итак, из рассуждений А. Эйнштейна получилось, наконец, непротиворечивое объяснение физической природы света как потока корпускул (фотонов), представляющих собою *«куски, обрывки»* электромагнитных колебаний. Это, фактически, означало синтез волновой теории света Гюйгенса–Френеля и корпускулярной теории света Ньютона. Именно представление А. Эйнштейна о квантах света помогло понять и наглядно представить законы фотоэффекта, которые впервые наблюдал в 1887 году Генрих Герц и в 1899 году исследовал Филипп Ленард. За эту работу в 1922 году Альберт Эйнштейн получил Нобелевскую премию. В 1923 году американским физиком Артуром Комптоном (1892–1962 (70); Ноб. пр. 1927 (35)) было открыто явление воздействия очень жёстких рентгеновских лучей на атомы со сво-



Генрих Герц
(1857–1894 (37))



Филипп Ленард
(1862–1947 (85))
Ноб. пр. 1905 (43)



Артур Комптон
(1892–1962 (70))
Ноб. пр. 1927 (35)



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

бодными электронами (эффект Комптона), что вновь и окончательно подтвердило квантовую теорию света. Представление о квантах света образовало один из наиболее важных фундаментальных вкладов в квантовую теорию. Уже только поэтому Альберт Эйнштейн является (может быть, помимо своей воли) одним из величайших её создателей. Именно теория фотоэффекта Альберта Эйнштейна, развившая взгляды Макса Планка, позволила Нильсу Бору создать его модель атома. Гениальные идеи Луи де Бройля о «*волнах материи*» также исходили непосредственно из представления Альберта Эйнштейна о световых квантах и были бы без них невозможны.



Луи де Бройль
(1892–1987 (95))
Ноб. пр. 1929 (37)

Третья крупная теоретическая задача, над которой ломал голову в свободное время 26-летний Альберт Эйнштейн и которая впоследствии принесла ему всемирную славу, – новое представление о единстве времени и пространства, массы и энергии, то, что потом было названо теорией относительности. Именно эта теория стала наиболее известным достижением молодого Альберта Эйнштейна и при первых же обсуждениях вызывала серьёзные споры в научной среде. То, что возникло у А. Эйнштейна непосредственно из обдумывания неудач классической теории, стало предпосылкой для формирования у молодого физика нового радикального взгляда на природу, возникшей при обдумывании им «*Естественно-научных книг для народа*».

К 1905 году, когда молодой Альберт Эйнштейн ещё только продумывал фундаментальную связь координат пространства и времени, и Хендрик Лорентц, и Анри Пуанкаре, и некоторые другие физики и математики уже провели существенные, правда, лишь подготовительные работы для появления будущей теории, связывающей пространство и время, — *«хроногеометрии»*, как говорил академик Владимир Александрович Фок (1898–1974 (76)). Но именно молодой Альберт Эйнштейн сделал последний шаг для решения назревшей проблемы. Ни Хендрик Лорентц, бывший сторонником механистического материализма, ни Анри Пуанкаре, остававшийся в плену субъективно-идеалистических воззрений, совершить такой шаг были принципиально неспособны. Такое состояние науки в преддверии существенного качественного шага вперёд будет часто встречаться в физике XX века, только начинающей наполняться такими *«микрокризисами»* понимания фундаментальных её основ, что и приведёт уже в первой половине века к существенно иному пониманию и восприятию природы.

Созданная А. Эйнштейном теория относительности вторглась в господствующие в то время взгляды на природу глубже, чем все остальные его открытия. Как писал Макс фон Лауэ в своей *«Истории физики»*, ***«ни одна физическая теория не волновала и не возбуждала умы со времён античности так, как это вторжение в привычные представления о пространстве и времени».***

Конечно, для создания новых представлений о взаимосвязи пространственных и временных координат движущегося тела громадную, можно сказать, основополагающую роль сыграл опыт Альберта Абрахама Майкельсона по измерению абсолютной скорости Земли во Вселенной. Опыт был осуществлен в Берлине и Потсдаме в 1881 году и повторен в США в 1887 году.

Физики предполагали, что во Вселенной существует покоящийся световой эфир. Когда через этот эфир движется Земля, в нем должен быть замечен ветер, как, например, при спокойном воздухе возникает ветер при быстрой езде. Если таковой *«эфирный ветер»*



*Хендрик Лорентц
(1853–1928 (75))
Ноб. пр. 1902 (49)*



*Анри Пуанкаре
(1854–1912 (58))*



*Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)*



Альберт Абрахам
Майкельсон
(1852–1931 (79))
Ноб. пр. 1907 (55)

возникает, то при прохождении световых сигналов от внеземных источников в разных направлениях через такой эфир должно происходить рассеяние световых волн из-за ветра эфира, а значит, возникнет изменение скорости света, что должен показать эксперимент. Такая постановка опыта давала возможность измерить оптическим путём скорость Земли относительно покоящегося эфира и одновременно относительно абсолютного пространства. Однако, несмотря на очень чувствительный прибор, сконструированный для опыта (интерферометр Майкельсона), результат при всех попытках был отрицательный: никакого признака или воздействия эфирного ветра не проявилось. Это означало, что измеренное значение скорости света (около 300 тыс. км/с) не зависит от направления распространения света.

Интерпретации полученного результата разными физиками, например Хендриком Лорентцом и ирландцем Джорджем Фрицем Фитцджеральдом (1851–1901 (50)), были неоднозначными, а значит, спорными. И тут ясность в понимание результатов опытов Альберта Майкельсона внёс Альберт Эйнштейн, перевернув ход мыслей Хендрика Лорентца. Он рассуждал так: постоянство скорости света, вытекающее из опытов А. Майкельсона, – это фундаментальное положение, а не следствие, как у Х. Лорентца. При этом материальный световой эфир при таком представлении был вообще не нужен. Зато окончательно получило право на жизнь понятие *существующего электромагнитного поля* как объективной физической реальности. Поле выступало теперь наравне с физическими телами.

Ещё в 1901 году немецкий физик Вальтер Кауфман (1871–1947 (76)) экспериментально доказал, что масса движущегося электрона зависит от его скорости. Из теории А. Эйнштейна следует, что с увеличением скорости движения масса тела растёт, что соответствует результату В. Кауфмана. Это и явилось прямым экспериментальным основанием справедливости теории А. Эйнштейна. Естественно, такая зависимость должна существенно сказываться на частицах (массах) в микромире при скоростях, близких к скорости света.

В одной из своих статей 1905 года под названием «*Зависит ли инерция тела от его энергетического содержания*» А. Эйнштейн сделал фундаментальный вывод о взаимоотношении массы и энергии и записал свою знаменитую формулу $E = mc^2$. Это означает, например, что с излучением энергии связано соответствующее уменьшение массы. Таким образом, положение о сохранении массы потеряло свою самостоятельность и перешло в положение о сохранении и превращении энергии.

Формула А. Эйнштейна открыла не замеченную до тех пор *«эквивалентность»* массы и энергии и дала возможность физикам выражать одну величину через другую.

В одной из лекций, прочитанных в 1956 году, Вернер Гейзенберг сказал: *«За пятьдесят лет, прошедших со времени создания теории относительности, эта гипотеза об эквивалентности массы и энергии революционизировала физику, а в те времена экспериментальных доказательств этого закона было очень мало. В наши дни можно во многих экспериментах непосредственно видеть, как элементарные частицы рождаются из кинетической энергии и как такие частицы могут снова исчезнуть, превратившись в излучение. Поэтому ныне превращение энергии в массу и наоборот не представляет собой ничего необыкновенного».*



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)

Во время напряжённых раздумий над проблемами пространства-времени (тем, что мы теперь называем специальной теорией относительности) молодой Альберт Эйнштейн не работал ни в одном университете, да и докторской учёной степени, когда он писал рукопись по этой важной проблеме физики, он также ещё не имел. Возникает вопрос: удалось бы молодому исследователю сохранить такие независимость своих суждений и свободу мысли, необходимые для формирования радикального революционизирующего воззрения на физику, если бы он был в то время сотрудником какого-либо исследовательского института?

Сам А. Эйнштейн оценивал как счастливое стечение обстоятельств то, что первые годы его творческих исканий прошли *«в мирском монастыре»*, как он шутливо называл Патентное бюро в Берне. Такой личный опыт объясняет позднейшие высказывания А. Эйнштейна, утверждавшего, что *«юные теоретики, особенно математики и философы, должны работать на маяках или брандерах»*. Он считал, что *«это даёт им твёрдый заработок и одновременно поможет углублённым занятиям наукой, избавив их от необходимости постоянно и как можно больше публиковаться, что было характерным для обычного академического пути и располагало молодых учёных к поверхностности, если они не обладали достаточной твёрдостью характера»*.

К числу сторонников теории относительности с первых же публикаций Альберта Эйнштейна принадлежали Макс Планк, Арнольд Зоммерфельд, Макс Лауэ. Среди противников были прежде всего физики-экспериментаторы того типа, о котором сам А. Эйнштейн позднее сказал иронически: *«Всё, чему они научились к 81-му году своей жизни, – это эмпирия. О чём они слышали лишь позднее, есть теория и логика»*. К непримиримым врагам

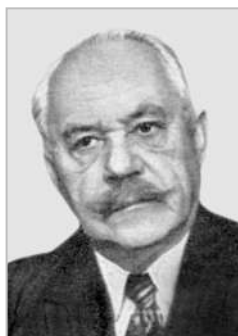
теории относительности принадлежал Филипп Ленард. Даже таким исследователям, как Конрад Рёнтген или Вилли Вин, переход к новому пониманию взаимосвязи пространства и времени готовил почти непреодолимые трудности понимания нового подхода. Ещё в 20-е годы XX века К. Рёнтген писал в одном из своих писем: **«У меня всё ещё не укладывается в голове, что для объяснения природных явлений нужно употреблять такие совершенно абстрактные соображения и понятия»**. Даже Х. Лорентцу, крупнейшему теоретику, нелегко дался отказ от наглядного представления о покоящемся вещественном носителе световых волн.

Формулированием и определением принципа относительности занимались многие физики и математики. Эта идея начала их тревожить достаточно давно. Только выйти из образовавшегося комплекса нерешённых вопросов они пока не могли. В первую очередь нужно, конечно, назвать Германа Минковского, преподавателя Альберта Эйнштейна в Цюрихе, который в своей работе *«Основы электромагнитических процессов в движущихся телах»* придал для гениальной теории своего бывшего студента-прогульщика законченную математическую форму. Именно Г. Минковскому принадлежит мысль, что пространство и время, по существу, должны рассматриваться как единство: три пространственные координаты связаны в единое целое с временной координатой в релятивистское пространство-время, в четырёхмерный мир.



Герман Минковский
(1864–1909 (45))

Герман Минковский, а за ним Арнольд Зоммерфельд и Макс Лауэ далеко продвинулись от начальных представлений в математическом описании будущей теории относительности. Однажды Альберт Эйнштейн, смеясь, заметил по этому поводу: **«С тех пор как математики накинулись на мою теорию относительности, я её больше сам не понимаю»**. И к этому он позже добавлял: **«Математика – это единственный совершенный метод водить самого себя за нос»**.



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))

В очень важный для своей научной биографии 1905 год – год творческого подъёма – Альберт Эйнштейн защитил в университете Цюриха диссертацию по молекулярной физике (объёмом 21 стр.) под названием *«Новое определение размеров молекул»* и, наконец, получил учёную степень доктора философии. Спустя три года молодой физик получил право преподавания теоретической физики в университете Берна. В своей работе на соискание

доцентуры «*Следствия из закона сохранения энергии в излучении чёрного тела, касательно структуры излучения*» А. Эйнштейн рассматривал вопросы квантовой теории света.

Приват-доцент А. Эйнштейн продолжал работать в Патентном бюро, а его преподавательские успехи при этом были незначительны: в первый семестр в аудитории сидело четверо слушателей, двое из которых были приятелями лектора; во втором семестре явился один студент, так что лекция не состоялась. Но уже в 1909 году после назначения А. Эйнштейна профессором Цюрихского университета признание пришло быстро.

Альберта Эйнштейна пригласили занять кафедру теоретической физики в Немецком университете в Праге, где он, как и в Цюрихе, проработал три семестра.

В 1911 году в статье «*О влиянии силы тяжести на распространение света*» был опубликован первый вариант общей теории относительности. Там уже содержался вывод о том, что световые лучи, исходящие от звезд, искривляются рядом с краем Солнца, поскольку свет (поток фотонов) обладает инерцией, и в поле тяготения Солнца изменяется структура пространства.

Осенью 1911 года профессор А. Эйнштейн принял участие в Первом Сольвеевском конгрессе в Брюсселе, посвящённом вопросам исследования атома. На конгрессы Сольве, как уже известно, приглашались только выдающиеся учёные по обсуждаемой теме. На Первый конгресс в числе ведущих учёных были приглашены: Мария Кюри (*Ноб. пр. 1903; хим. 1911*), Поль Ланжевен, Анри Пуанкаре, Жан Батист Перрен (*Ноб. пр. 1926*), Эрнест Резерфорд (*Ноб. пр., хим. 1908*), Хендрик Лорентц (*Ноб. пр. 1902*), Гейке Камерлинг-Оннес (*Ноб. пр. 1913*), Вальтер Нернст (*Ноб. пр., хим. 1920*), Макс Планк (*Ноб. пр. 1918*), Генрих Рубенс, Вильгельм Вин (*Ноб. пр. 1911*), Эмиль Варбург, Арнольд Зоммерфельд.



*Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)*



Участники Первого Сольвеевского конгресса 1911 года



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)



Вальтер Нернст
(1864–1941 (77))
Ноб. пр., хим. 1920 (56)



Эмиль Варбург
(1846–1931 (85))

Летом 1912 года в Высшей технической школе в Цюрихе была создана кафедра математической физики. Кандидатуру Альберта Эйнштейна как руководителя этой кафедры поддержали Мария Кюри и Анри Пуанкаре, который писал об А. Эйнштейне: *«Господин Эйнштейн – один из оригинальнейших умов, которые я когда-либо знал; несмотря на свою молодость (33 года), он уже занимает в высшей степени почётное место среди учёных своего времени. Будущее принесёт всё новые и новые доказательства ценности, какую представляет собой господин Эйнштейн. Институт, сумевший привлечь его в свои стены, может быть уверен, что ему сдelaет честь сотрудничество с молодым учёным»*.

Во время своей второй цюрихской профессуры А. Эйнштейн занимался разработкой математического аппарата, который был необходим для дальнейшего развития теории относительности и для построения нового релятивистского учения о гравитации.

В 1912 году Макс Планк при поддержке Вальтера Нернста, Генриха Рубенса, Эмиля Варбурга (в 1905–1912 годах – президент Физико-технического института в Берлине) рекомендовал избрать Альберта Эйнштейна действительным членом Прусской академии наук. При этом М. Планк в своем ходатайстве просил отнестись снисходительно к тому, что А. Эйнштейн *«в своих спекуляциях может иногда заходить слишком далеко»*, и приводил в качестве такого примера *«гипотезу световых квантов»*.

В 1913 году Прусская академия избрала Альберта Эйнштейна действительным членом. Ему было всего **34** года. Он был приглашён занять место физикохимика Якоба Вант-Гоффа. При этом Макс Планк вместе с Вальтером Нернстом ездили в Цюрих, чтобы предложить Альберту Эйнштейну принять приготовленное ему место. В 1929 году А. Эйнштейн говорил М. Планку: *«Вы решительно способствовали моему внешнему продвижению и тому, что я получил такие условия работы, которые даются лишь немногим»*.

В Берлине Альберт Эйнштейн мог посвятить себя исключительно теоретическим исследованиям. Ему было предоставлено право читать лекции и вести семинары по избранным им самим темам, не будучи

обязанным принимать участие в каких-либо учебных мероприятиях или факультетской работе. Такие условия побудили А. Эйнштейна преодолеть своё политическое неприятие империалистической Германии, от которой он отвернулся, будучи школьником. Он принял избрание в Прусскую академию наук и переехал в Берлин. В начале апреля 1914 года А. Эйнштейн приступил к своей новой службе *«как академический муж без каких-либо обязанностей, нечто вроде живой мумии»*.

Великий физик провёл в Берлине 19 лет. Он читал лекции в университете, вёл семинары вместе с Максом фон Лауэ, Вильгельмом Вестфалем и другими коллегами, регулярно принимал участие в коллоквиумах, которые во время учебного года проводились каждую среду в Физическом институте Общества кайзера Вильгельма по поощрению наук. Не в последнюю очередь благодаря участию Альберта Эйнштейна эти встречи физиков стали школой специализации и местом творческих научных дискуссий, проходивших на таком высоком научном уровне, какого во время Первой мировой войны и в послевоенные годы не было нигде.

Несмотря на военное время, в 1915 году, после семилетних трудов А. Эйнштейн завершил основную работу по построению общей теории относительности – учении о гравитации, при этом он внёс существенные дополнения в квантовую теорию и обосновал совершенно новый взгляд на строение Вселенной. Макс Борн назвал разработку общей теории относительности *«наиболее великим достижением человеческого мышления в знании природы, удивительным соединением философской глубины, физической интуиции и математического мастерства»*.



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)

Альберт Эйнштейн был, наверное, самым известным профессором Берлинского университета, не принадлежа собственно к преподавателям: он был лишь *«читающий академик»* в ранге ординарного профессора и вёл курс лекций в университете.

Предоставим слово очевидцу – Филиппу Франку, преемнику Альберта Эйнштейна на кафедре теоретической физики Немецкого университета в Праге. Он часто посещал в Берлине своего предшественника по кафедре и оставил такое описание лекций А. Эйнштейна в 20-е годы XX века: *«Когда в те времена иностранцы прибывали в Берлин и хотели осмотреть все достопримечательности, то часто в этот список они включали и живую достопримечательность Берлина, знаменитого Эйнштейна. Причём зачастую многие даже не знали определённо, физик ли он, математик, философ, мечтатель или кто-то ещё. Знали только, что он говорит о Вселенной такие вещи, каких не говорил никто другой до него»*.



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

На его лекциях можно было увидеть богатых американских и английских дам в дорожных мехах, которые внимательно рассматривали его в театральные бинокли и нередко заполняли большую часть зала. Обычно Эйнштейн говорил: „Теперь я хочу сделать небольшой перерыв, чтобы все, кого не интересует дальнейшее, могли удалиться“. После этого часто оставались лишь восемь-девять студентов. Эйнштейн был

только рад, что он может спокойно развивать свои мысли, не наталкиваясь взглядом на непонимающие физиономии».

Участники этих лекций вспоминали, что после их окончания иностранные гости нередко бросались к доске и спорили из-за куска мела, которым писал свои формулы прославленный Альберт Эйнштейн. Они хотели увезти сувенир. Во время специальных лекций, предназначенных для узкого круга, профессор включал своих слушателей в активное *«сотрудничество»*, задавая проблемные вопросы и стимулируя их к дискуссии.

В феврале 1920 года, когда *«эйнштейновский бум»* достиг своей высшей точки, А. Эйнштейн писал одному из своих друзей: *«С приливом газетных статей меня устрашающе затопляют опросы, приглашения, требования, так что ночами мне снится, будто я жарюсь в аду, а почтальон – это чёрт, и он непременно рычит, бросая мне на голову новую пачку писем, потому что я ещё не ответил на старые... Я теперь не что иное, как скопление бездушных рефлекторных движений»*.

Позднее А. Эйнштейн стал более серьёзно относиться к своей славе, а именно как к общественной обязанности, которую эта известность накладывала на него. Бремя этой славы он нёс всю свою жизнь.

В 1920 году произошло знакомство Альберта Эйнштейна в Берлине с датским физиком Нильсом Бором.

В послевоенной Германии нарастал антисемитизм, а фашизм занимал ведущие политические позиции. В августе 1920 года *«Общество немецких естествоиспытателей для поощрения чистой науки»* организовало в зале Берлинской филармонии большой митинг против теории относительности. На этот митинг был приглашён и А. Эйнштейн. Из своей ложи он терпеливо слушал бессмыслицу, кото-



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)
и Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

рую излагали с трибуны по поводу его теории. Антисемитская подоплёка этого мероприятия стала ясна, когда один из молодых участников митинга выкрикнул в сторону А. Эйнштейна: *«Этому паршивому еврею надо бы разорвать глотку!»* Всё это не было случайным инцидентом. В одном берлинском антисемитском листке ярость реакции вылилась в публичное требование физического уничтожения Альберта Эйнштейна. Подобно тому, как незадолго до этого листовки и плакаты подстрекали: *«Убейте Либкнехта!»*, теперь националисты выдвинули в своей прессе подлый лозунг *«Убейте Эйнштейна!»*. Истинное лицо веймарской «демократии» характеризует то, что не нашлось судей, которые потребовали бы наказания за столь открытое подстрекательство к убийству.

После покушения на министра иностранных дел Ратенау, с которым А. Эйнштейн был знаком и разделял его взгляды, учёный решил временно оставить свои лекции в университете и создать видимость отъезда, чтобы избежать подобной участи. В середине 1922 года А. Эйнштейн написал своему другу М. Соловину: *«Здесь смутные времена после ужасного убийства Ратенау. Поскольку меня тоже всё время предостерегали, я прервал свои лекции и официально отсутствую, но в действительности всё же здесь. Антисемитизм очень силен».*



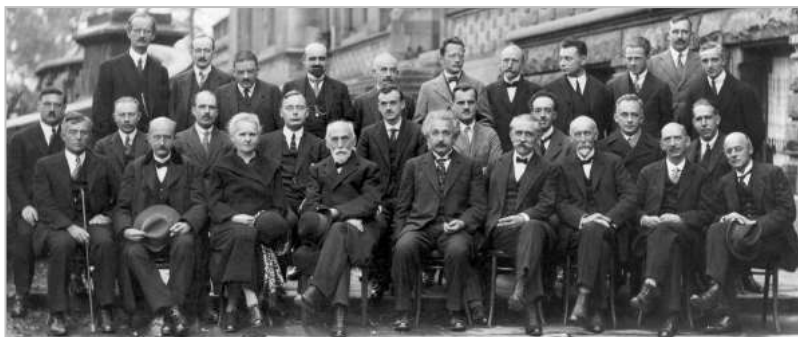
Вилла А. Эйнштейна в пригороде Берлина

Осенью 1922 года Альберту Эйнштейну была присуждена Нобелевская премия по физике за 1921 год *«за заслуги перед теоретической физикой и особенно за открытие закона фотоэлектрического эффекта»*. В этом же году учёный поехал в Китай.

Несмотря на нарастающий антисемитизм в Германии, Альберт Эйнштейн продолжал активно работать, участвовал в Международных конференциях, особенно в Сольевевских конгрессах, посещал с лекциями различные университеты в Европе, Америке, Азии. Он продолжал искать ответы на волновавшие его вопросы современной физики, размышлял и сомневался.

На Сольевевских конгрессах в Брюсселе в 1927 и в 1930 годах велись драматические споры между Альбертом Эйнштейном и Копенгагенской школой Нильса Бора. А. Эйнштейн упорно и настойчиво пытался при помощи остроумно задуманных мыслительных экспериментов объективно опровергнуть вероятностно-теоретическое понимание квантовых явлений. Он снова и снова (на конгрессах по утрам, во время завтрака) придумывал такую последовательность измерений, которая, противореча содер-

жанию соотношения неопределённостей, позволяла бы одновременно с одинаковой точностью определить место и величину импульса частицы. Но Нильсу Бору с учениками и коллегами (Вернером Гейзенбергом, Вольфгангом Паули, Полем Дираком и другими молодыми физиками) удавалось уже к ужину опровергнуть остроумнейшие возражения Альберта Эйнштейна против соотношения неопределённостей.



Участники Пятого Сольвеевского конгресса 1927 года.

Первый ряд, слева направо: И. Ленгмюр, М. Планк, М. Кюри, Х. Лоренц, А. Эйнштейн, П. Ланжевэн, Ш. Гюи, Ч. Вильсон, О. Ричардсон.

Второй ряд, слева направо: П. Дебай, М. Кнудсен, Л. Брэгг, Х. Крамерс, П. Дирак, А. Комптон, Л. де Бройль, М. Борн, Н. Бор.

Третий ряд, слева направо: А. Пикар, Е. Хенрот, П. Эренфест, Э. Герцен, Т. Дондер, Э. Шрёдингер, Дж. Вершафельт, В. Паули, В. Гейзенберг, Р. Фаулер, Л. Бриллюэн

Нильс Бор так описывал дискуссии 1927 года: ***«Начавшийся на заседании обмен мнениями оживлённо продолжался и по вечерам в небольших группах. Наиболее приятной для меня была возможность вести долгие беседы с Эйнштейном и Эренфестом.***

Эйнштейн принципиально возражал против отказа от детерминистического описания; он оспаривал наши аргументы, допуская возможность более точного учёта взаимодействия между атомными объектами и измерительными приборами.

Однако Альберт Эйнштейн всё же не признал себя побеждённым, хотя, в конце концов, и согласился с тем, что статистическая квантовая теория Копенгагенской школы является грандиозным и внутренне непротиворечивым мыслительным построением. Так же, как Макс фон Лауэ, Эрвин Шрёдингер и Макс Планк, он считал её всё-таки лишь вспомогательным средством, и она ему ***«не казалась исчерпывающим описанием событий в микрокосме».***

Комментируя эти знаменитые дискуссии, Пауль Эренфест сказал: ***«Эйнштейн, мне стыдно за тебя; ведь ты споришь против новой квантовой теории теперь точно так же, как твои противники против теории относительности».***

Дискуссии продолжались и в Принстоне в США в конце 1930-х годов, а через десять лет возобновились вновь в одном швейцарском журнале.

Как порой складываются судьбы людей, творцов, как причудливо развиваются созданные ими разделы науки и эволюционируют их же самые революционные представления! Сколько напряжённости и долгих размышлений в том, что именно Альберт Эйнштейн, который благодаря своему квантовому учению стал одним из основателей квантовой теории и непосредственно на работу которого Нильс Бор опирался при создании своей модели атома, отказался от последовательного развития им самим избранного хода мысли. Причину этого следует искать в том, что Альберт Эйнштейн – великий диалектик в вопросах электродинамики, теории гравитации и космологии – в вопросах, касающихся внутриатомных явлений, оставался в плену старых механических представлений. И это при том, что в 1917 году он, введя понятие *«переходная вероятность»* – вероятность для перехода атомной системы из одного состояния в другое, сам положил начало дальнейшему изучению диалектической природы атома.

Альберт Эйнштейн всегда относился к результатам своей работы так же критически, как и к результатам других исследователей, подтверждая высказывание Вильгельма Оствальда: *«Сомнение не только разрешено исследователю, оно является его первой заповедью. Пиетет же противопоказан его искусству»*. При этом он следовал словам Георга Лихтенберга (1742–1799 (57)): *«Общепризнанные мнения и то, что каждый считает делом давно решённым, чаще всего заслуживают исследования»*.



Пауль Эренфест
(1880–1933 (53))



Участники Шестого Сольвеевского конгресса 1930 года.

Сидят, слева направо: Т. Дондер, П. Зеeman, П. Вейсс, А. Зоммерфельд, М. Кюри, П. Ланжевен, А. Эйнштейн, О. Ричардсон, Б. Кабрера, Н. Бор, В. де Хааз. Стоят, слева направо: Э. Герцен, Э. Анрио, Дж. Вершафельт, Ч. Маннебах, Э. Коттон, Ж. Эррера, О. Штерн, А. Пикар, В. Герлах, Ч. Г. Дарвин, П. Дирак, Э. Бауэр, П. Л. Капица, Л. Бриллюэн, Х. Крамерс, П. Дебай, В. Паули, Я. Г. Дорфман, Д. ван Влек, Э. Ферми, В. Гейзенберг

Вслед за Иоганном Кеплером (1571–1630 (59)), Исааком Ньютоном, Майклом Фарадеем и другими учёными того же направления Альберт Эйнштейн стоял на принципах классического понимания причинности. Это было противоположно позиции защитников статистической квантовой теории (Нильса Бора, Макса Борна, Вольфганга Паули и др.), которые, опираясь на соотношение неопределённостей Вернера Гейзенберга, считали, что проблеме корпускулярно-волновой двойственности материи можно разрешить только на основе статистической теории квантов. Эти учёные упрекали Альберта Эйнштейна в упрямой защите классической теории. Поэтому учёный писал о своих спорах с физиками по поводу вероятностного толкования квантовых процессов: ***«Я всё ещё не верю, будто господь Бог играет со Вселенной в кости. Если бы он хотел делать именно это, то сделал бы сразу вполне основательно и придерживался бы какой-нибудь одной системы. „Делать – так делать!“ Тогда бы нам не понадобилось вовсе отыскивать законы. Во всяком случае, всё, по-видимому, говорит против мнения о полной законности. Но я, не глядя ни на что, ищущий её. Если то, что я нахожу, ни на что не годится, я склонен думать, что причина не в нём, а во мне».*** И ещё он добавлял: ***«Бог изощрён, но он не злонамерен».***



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)



Роберт Оппенгеймер
(1904–1967 (63))

Раздумья и сомнения сопровождали великого физика всю жизнь и привели его к высказыванию: ***«Всякая новая теория часто лишь постепенно принимает окончательную форму, по мере того как на базе более поздних научных открытий производится твёрдый выбор между всеми априорными вариантами. Развитие это будет закончено только тогда, когда полностью установят характер законов поля».***

В 1930–1932 годах А. Эйнштейн вновь поехал в США читать лекции, а также для того, чтобы составить себе более полное представление о Новом Свете. Именно во время этого визита в обсерватории Маунт Вильсон близ Пасадены Альберт Эйнштейн впервые встретился с Робертом Оппенгеймером (1904–1967 (63)).

Обстановка в нацистской Германии складывалась так, что из поездки в США великий физик уже не вернулся в Берлин. Недаром, как видно из воспоминаний, он с грустью уезжал со своей любимой виллы в Капуте и ещё хотел взять с собой в поездку несколько книг из своей библиотеки. Альберт Эйнштейн уже возвратился в Европу из США и задержался в Бельгии у королевы Елизаветы, с которой дружил, когда узнал о плане нацистов исключить его из Прусской академии наук 1 апреля 1933 года –

в день бойкота евреев. Тогда ученый сам выступил с заявлением о выходе из академии и отказался от прусского гражданства, которое принял при вступлении в академию в 1913 году. Национал-социалисты Германии жаждали покарать Альберта Эйнштейна. Они конфисковали его имущество и дом в Капуте, за его голову была обещана награда в 50 000 марок.

Полный нехороших предчувствий, А. Эйнштейн писал 28 апреля 1933 года Морису Соловину из Лекока: *«Я опасюсь, что эта эпидемия ненависти и насилия широко распространится повсюду. Она, подобно наводнению, идёт снизу вверх, и так до тех пор, пока стоящие наверху, оказавшись изолированными, напуганными и деморализованными, тоже не погрузятся в пучину».*

В сложившейся ситуации Альберт Эйнштейн принял предложение руководства Института перспективных исследований в Принстоне (штат Нью-Джерси, США), где приступил к работе 1 октября 1933 года. Его годовое жалованье составило 15 000 долларов.

Институт перспективных исследований был основан в 1930 году Луисом Бамбергером и его сестрой Каролиной Бамбергер-Фульд, которые пожертвовали 5 миллионов долларов.

Новый институт взял на работу многих учёных, бежавших из Европы от угрозы нацизма. Вся научная деятельность в институте финансировалась за счёт грантов и пожертвований. Исследования никогда не делались по заказу – каждый исследователь работал над тем, что ему интересно. Институт состоял (и состоит) из исследовательских школ: исторической, математической, естественных наук, социальных наук. Цель – обеспечить выдающимся исследователям возможность неограниченной, свободной от материальных забот творческой деятельности. Научный персонал института в 1933 году состоял из 18 постоянных сотрудников, назначенных пожизненно, а также иностранных гостей. При выборе сотрудников национальность, раса, религия и пол не играли никакой роли. Постоянные сотрудники не давали также никаких обязательств относительно чтения лекций и публикации работ.

Вступление Альберта Эйнштейна в эту *«республику корифеев науки»* встретило столь единодушное одобрение, что Поль Ланжевен воскликнул: *«Такое событие можно сравнить только с предполага-*



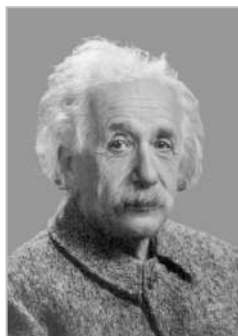
*Институт высших исследований,
Принстон, штат Нью-Джерси, США*



*Поль Ланжевен
(1872–1946 (74))*

шимся перемещением Ватикана из Рима в Новый Свет! „Папа современной физики“ переселяется, и благодаря этому Соединённые Штаты Америки становятся центром естественных наук».

Сейчас в институт каждый год набирают 29 постоянных членов и 190 приглашённых из более чем 100 университетов и научно-исследовательских институтов. Отбор в каждую школу происходит примерно из 1500 кандидатов, среди которых бывают как молодые исследователи, так и опытные учёные. Попастъ в институт можно на период от одного семестра до нескольких лет, но большинство остаётся на год. Наиболее знаменитыми сотрудниками института были: математик Герман Вейль (1885–1955 (70)), историк Эрнст Канторович (1895–1963 (68)), физик и математик Джон фон Нейман (1903–1957 (54)), математик Эмми Нётер (1882–1935 (53)), физик Роберт Оппенгеймер и, конечно, Альберт Эйнштейн.



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

В 1935 году в письме к своей сестре Майе в Италию Альберт Эйнштейн писал: *«Политическая обстановка сейчас настолько безотраднa, что даже среди ровесников чувствуешь себя совершенно одиноким. Кажется, что люди утратили уважение к законности и человеческому достоинству, перестали ценить то, что лучшие поколения завоевали ценой несказанных жертв. Временами это производит впечатление непрерывного упадка... В основе всех человеческих ценностей лежит моральное начало».*



Леопольд Инфельд
(1898–1968 (70))

Леопольд Инфельд (1898–1968 (70)), эмигрант из Польши, который с осени 1936 до 1939 года работал вместе с А. Эйнштейном над абстрактными проблемами движения, писал в своих воспоминаниях: *«Жизнь Эйнштейна – пример иронии судьбы и внешних противоречий. Свою важнейшую научную работу он завершил, будучи мелким служащим Патентного бюро в Берне. Его известность была больше, чем многих других учёных, хотя никто не относился к славе так равнодушно и к популярности с такой неприязнью, как он. Часто Эйнштейн давал мне понять, что он, скорее, философ, нежели физик. Его исследования по физике носят совершенно абстрактный характер, а научная деятельность больше связана с экспериментом, чем с практикой. И при всём*

том каждый считает, что теория относительности Эйнштейна имеет какое-то отношение к атомной бомбе. Это и есть, наверное, самая горькая ирония судьбы в его жизни. Этот человек, одинокий по собственной воле, этот гений абстрактного мышления, презирующий грубую силу, считается „отцом атомной бомбы“».

Летом 1939 года к Альберту Эйнштейну в Нассау-Пойнт, Лонг-Айленд (близ Нью-Йорка), где учёный проводил жаркое время года, приехали два физика-атомщика, родившиеся в Венгрии, но в течение нескольких лет работавшие в США: Лео Сцилард, который в Колумбийском университете проводил экспериментальные исследования цепных реакций в уран-водородной системе, и Юджин Поль Вигнер (1902–1995 (93); Ноб. пр. 1963 (61) «за его вклад в теорию атомного ядра и элементарных частиц, в частности за открытие и применение фундаментальных принципов симметрии» (совместно с М. Гепперт-Майер и Дж. Йенсеном)). Лео Сцилард знал Альберта Эйнштейна ещё с того времени, когда он с 1922 по 1933 годы был преподавателем теоретической физики в Берлинском университете. Они вместе сконструировали насос Эйнштейна–Сциларда, до настоящего времени используемый на атомных станциях. Юджин Вигнер с 1930 года читал в Принстонском университете лекции по проблемам теоретической физики. В 1933 году он доказал, что ядерные силы должны иметь небольшой радиус действия. Впоследствии он опубликовал и другие работы, связанные с взаимодействием между нуклонами. Ю. Вигнер был участником группы Э. Ферми в Чикаго, которая в 1942 году запустила первый американский реактор.



Вилла А. Эйнштейна в Принстоне



*Лео Сцилард
(1898–1964 (66))*



*Юджин Поль Вигнер
(1902–1995 (93))
Ноб. пр. 1963 (61)*



*Отто Ган
(1879–1968 (89))
Ноб. пр., хим. 1944 (65)*



*Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)*



*Карл Фридрих
фон Вейцзеккер
(1912–2007 (95))*



*Франклин Делано
Рузвельт
(1882–1945 (63))
32-й Президент США
в 1933–1945 годах*

Посетители рассказали Альберту Эйнштейну о цепной реакции в уране и возможностях её использования, о том, что в Германии остались работать выдающиеся физики-атомщики: Отто Ган, открывший деление ядер урана в декабре 1938 года, Вернер Гейзенберг, Карл фон Вейцзеккер (1912–2007 (95)) и др. Гости, как и многие европейские физики, эмигрировавшие от нацизма, убедили Альберта Эйнштейна, что только его обращение, как самого известного общественности физика, к правительствам или руководителям стран сможет возыметь какое-то действие для начала работ по созданию нового оружия на основе деления ядер урана. Они опасались, что оставшиеся в Германии физики уже начали такие работы, поскольку у на-

цистов были запасы природного урана в захваченной ими Чехословакии, а также единственный в мире завод по производству тяжёлой воды в оккупированной Норвегии.

Вначале Л. Сцилард и Ю. Вигнер решили предостеречь через бельгийскую королеву Елизавету, дружески относившуюся к А. Эйнштейну, бельгийское правительство от дальнейшей продажи Германии большого количества урана, добываемого в Конго, но затем отказались от этого плана и решили направить письмо непосредственно Президенту Соединённых Штатов Америки Франклину Делано Рузвельту. Текст письма коллеги подготовили для Альберта Эйнштейна сначала на немецком языке.

«Альберт Эйнштейн
Олд Гроув-роуд,
Нассау-Пойнт
Пеконик, Лонг-Айленд
2 августа 1939 г.

Франклину Д. Рузвельту
Президенту Соединённых Штатов
Белый дом
Вашингтон, округ Колумбия

Сэр, ознакомившись в рукописи с недавними работами Э. Ферми и Л. Сциларда, я пришёл к выводу, что в самом ближайшем будущем можно будет превратить элемент уран в новый и важный источник энергии. Некоторые моменты создавшегося положения требуют, как мне кажется, внимательного изучения и, в случае необходимости, быстрых действий Правительства. Поэтому я считаю своим долгом довести до Вашего сведения следующие факты и предложения.

За последние четыре месяца работы Жолио во Франции, равно как и работы Ферми и Сциларда в Америке, сделали возможным провести цепную реакцию в большом количестве урана, с помощью которой можно будет выделить огромную энергию и новые элементы, подобные радио. Сейчас кажется почти бесспорным, что этого можно достичь в ближайшем будущем.

Это новое явление может навести на мысль об изготовлении соответствующих бомб нового типа, обладающих чрезвычайной мощностью. Одна такая бомба, доставленная на борту корабля и взорванная в порту, может уничтожить весь порт и всё, что есть на примыкающей территории. Однако такие бомбы могут оказаться слишком тяжёлыми для транспортировки по воздуху.

Соединённые Штаты располагают небольшими запасами урановой руды, да и та имеет низкое содержание урана. Хорошая руда имеется в Канаде и в оккупированной немцами Чехословакии, а самые мощные запасы руды находятся в Бельгийском Конго.

Ввиду сложившейся обстановки, возможно, Вы сочтёте целесообразным установить постоянный контакт между Правительством и группой физиков, которые работают над цепной реакцией в Америке.

Такой неофициальный контакт могло бы установить лицо, пользующееся Вашим доверием. В его задачи входило бы следующее:

а) связаться с министерством, информировать их о ходе дел и давать рекомендации Правительству о необходимых действиях, обращая особое внимание на решение задачи по обеспечению поставок урановой руды в Соединённые Штаты;

б) ускорить экспериментальные работы, которые в настоящее время осуществляются в рамках бюджетов университетских лабораторий, обеспечивая необходимые средства, если такие средства потребуются, используя свои связи с частными лицами, которые пожелают внести свой вклад в это дело, и, возможно, заручившись поддержкой заводских лабораторий, имеющих необходимое оборудование.

Насколько я понимаю, Германия прекратила продажу урана из захваченных чехословацких рудников. Возможно, такие решительные действия объясняются тем, что Вейцзеккер, сын заместителя статс-секретаря Германии, откомандирован в Институт кайзера Вильгельма в Берлине, где теперь ведутся работы по урану, дублирующие американские.

Искренне Ваш Альберт Эйнштейн».



*Альберт Эйнштейн (1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)
и Лео Сцилард (1898–1964 (66))*

А. Эйнштейн подписал письмо, затем Л. Сцилард перевёл его на английский и снова привёз А. Эйнштейну. 11 октября 1939 года это письмо было передано американским финансистом Александром Саксом лично Ф. Д. Рузвельту. Одновременно Президенту был вручён и меморандум, в котором содержалось предложение как можно скорее осуществить сотрудничество, особенно в связи с тем, что атомная энергия может использоваться для судов, самолётов и стационарных

электростанций. Отмечалось, что есть также основания полагать, что если будет найден способ применения быстрых нейтронов, то несложно создать чрезвычайно опасные бомбы. Разрушительная сила таких бомб оценивалась пока приблизительно, но не было сомнений, что она окажется во много раз больше, чем ожидают военные специалисты. Не исключалось, что такие бомбы будут слишком тяжёлыми для транспортировки их самолётами. Тогда их можно доставлять на кораблях и взрывать в порту, вызывая ужасные последствия.

После первого письма Альберта Эйнштейна Президент США Франклин Д. Рузвельт создал Национальный комитет по военным вопросам во главе с Ванневаром Бушем. Первое заседание комитета состоялось 21 октября 1939 года. По мнению физиков, исследовательские работы из-за управленческого бюрократизма, соперничества между различными военными ведомствами и неадекватности политиков развёртывались слишком медленно. Поэтому А. Эйнштейн вновь по инициативе Л. Сциларда направил 7 марта 1940 года Ф. Д. Рузвельту второе письмо, где рекомендовал ускорить темп работ. В конце концов, на эти работы было ассигновано 2 миллиарда долларов.

Бытующее утверждение о том, что якобы Альберт Эйнштейн является **«отцом атомной бомбы»**, должно быть категорически отвергнуто. Им были посланы Президенту США лишь два письма, предостерегающие, фактически, от опасности создания атомной бомбы в Германии, а значит, о необходимости противодействовать этому.

Позже, осенью 1952 года, Альберт Эйнштейн писал: *«Я ясно понимал страшную опасность, которую несёт человечеству осуществление нашего предложения. Но то, что немецкие физики, работающие над этой же проблемой, могут добиться успеха, вынудило меня сделать этот шаг».*

А. Эйнштейн не только не участвовал в создании атомной бомбы, но и выступал с осуждением атомной бомбардировки японских городов Хиросимы (6 августа 1945 года) и Нагасаки (спустя 3 дня). Будучи противником воинствующего национализма и тотальной войны, он резко протестовал против применения атомного оружия.

В своё время А. Эйнштейн предостерегал: *«Наш мир стоит перед кризисом, всё значение которого ещё не постигли те, кому дана власть выбирать между добром и злом. Освобождённая от оков атомная энергия всё изменила; неизменным остался лишь наш образ мыслей, и мы, безоружные, движемся навстречу новой катастрофе».* И с проницательностью, столь свойственной ему в принципиальных вопросах, он добавил: *«Решение этой проблемы – в сердцах людей».* В этом же смысле следует понимать и его высказывание: *«Открытие деления урана угрожает цивилизации и людям не более, чем изобретение спички. Дальнейшее развитие человечества зависит от его моральных устоев, а не от уровня технических достижений».*

Вскоре после атомных бомбардировок японских городов был создан Чрезвычайный комитет учёных-атомщиков, президентство в котором Альберт Эйнштейн вынужден был принять с целью предотвращения атомной войны. Он говорил: *«Мне приходится делить своё время между политикой и уравнениями. Однако уравнения, по-моему, гораздо важнее, потому что политика существует только для данного момента, а уравнения будут существовать вечно».* Он заявлял также, что убийство – *«наказуемое преступление, даже если оно санкционировано государством».* Когда однажды в разговоре учёный заметил, что, в крайнем случае, его можно было бы назвать *«дедушкой атомной бомбы»*, он подразумевал при этом своё уравнение эквивалентности $E = mc^2$, так как именно оно объясняет выделение огромной энергии при ядерных реакциях.

Однажды А. Эйнштейн сказал своему ассистенту Эрнесту Штрауссу, который работал с ним в 1944–1947 годах: *«Для нашей работы необходимы два условия: неустанная выдержка и готовность всегда выбросить за борт то, на что ты потратил так много времени и труда».*

В 1947 году директором Института перспективных исследований в Принстоне стал Роберт Оппенгеймер. Его кабинет находился в том же коридоре, что и кабинет Альберта Эйнштейна, но в другом конце. Учёные часто заходили друг к другу, чтобы обсудить тот или иной вопрос. Р. Оппенгеймер



Альберт Эйнштейн (1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)
и Роберт Оппенгеймер (1904–1967 (63))

говорил об А. Эйнштейне: *«У него исключительно развито чувство меры и разумного порядка вещей – эта своеобразная способность освободиться от всего незначительного, чтобы определить, где скрыта главная истина. Он дал мне новую уверенность в человеческом разуме».*

В письме своему другу Гансу Мюзаму 24 июля 1947 года великий физик написал: *«Я удивляюсь только, что этот невероятно сложный механизм (организм человека.*

– Ю. В. Трушин) ещё вообще работает и к тому же столько лет! Когда думаешь о жизни, становится ясно, как жалка и примитивна вся наша наука. Очевидно, что как живое существо предопределяется оплодотворённой яйцеклеткой, так и жизнь предопределена существованием атома, и таинство всего сущего заключено уже на самой низшей ступени. Если кому-либо и удаётся более глубоко проникнуть в основы физической сущности мира, то оказывается, что математика не даёт возможности найти решение и расчитать следствия из основных уравнений».

Во время празднования в марте 1949 года своего 70-летия Альберт Эйнштейн сказал: *«Лучшее, что тебе остаётся в жизни, это несколько настоящих друзей, умных, сердечных людей, понимающих друг друга».*

Ещё с молодых лет А. Эйнштейну был глубоко чужд национализм в любых его проявлениях. В письме Максу фон Лауэ в январе 1951 года он, вспоминая Германию, писал: *«Искажение истории науки на национальной почве – старый трюк, с помощью которого почтенные нации набивают себе цену (равно как и в политической истории). Раз мы, евреи, теперь тоже имеем государство, то, собственно, пора и нам поупражняться в этом искусстве».*

Историческая русофобия американцев всегда казалась А. Эйнштейну признаком малодушия, и он выступал против неё так же, как до последних дней своих боролся против всякого подавления демократических свобод. *«Порабощение и эксплуатация – самые отвратительные явления в сфере человеческих отношений»*, – писал учёный ещё в 1952 году своему другу Г. Мюзаму.

В день своего 74-летия (1953) А. Эйнштейн сделал вклад в финансирование строительства большой медицинской школы – Медицинского колледжа Университета Йешива в Нью-Йорке. Было приглашено 100 почётных гостей и собрано 3,5 миллиона долларов. На короткой пресс-конференции

на вопрос **«Что бы Вы посоветовали студенту, избравшему научную карьеру?»** прославленный физик ответил: **«Тот, кто стремится к научным исследованиям, сам найдёт себе правильный путь. Советами тут вряд ли поможешь, вот разве что собственным примером и инициативой».** Медицинский колледж им. Альберта Эйнштейна был открыт через полгода после смерти учёного в присутствии его старшего сына.

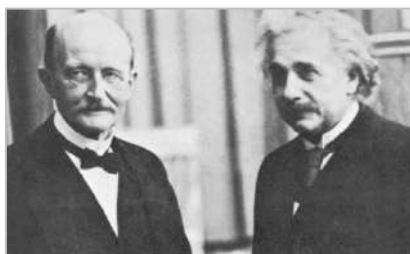
Альберт Эйнштейн считал Бертрана Рассела (1872–1970 (98), *Ноб. пр., лит. 1950 (78)*) своим бесстрашным, полным душевной силы соратником. За неделю до своей смерти (11 апреля 1955 года) А. Эйнштейн подписал составленное Б. Расселом и поддержанное семью известными учёными обращение к правительствам США, Великобритании, Советского Союза, Франции, Канады и Китая. Это обращение настойчиво предостерегало человечество от самоубийства, к которому приведёт создание термоядерного оружия, потому что **«атомная бомба уничтожила только Хиросиму, а водородная бомба полностью сровняет с землёй такие огромные города, как Лондон, Нью-Йорк, Москва».**

В принстонской клинике 15 апреля 1955 года Альберт Эйнштейн спокойно разговаривал со своей падчерицей Марго о неотвратимом в человеческой судьбе, о близости своей смерти, которую он считал естественным завершением жизненного пути. **«Свою задачу на Земле я выполнил»**, – дважды сказал он без сентиментальности и сожаления. Перед смертью А. Эйнштейн запретил проведение траурных торжеств и выразил желание, чтобы его пепел был развеян по ветру.

В понедельник 18 апреля 1955 года сердце Альберта Эйнштейна перестало биться. На столике у его кровати лежала незаконченная работа, посвящённая необходимости устранения атомной войны.

Главные дела своей жизни Альберт Эйнштейн перечислил в оставшемся наброске: **«Создание теории относительности, связанное с новым представлением о времени, пространстве, гравитации, эквивалентности массы и энергии. Всеобщая теория поля (не закончена). Вклад в развитие квантовой теории».**

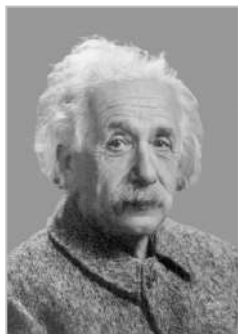
В своё время Макс Планк писал, что эйнштейновская теория относительности **«настолько высоко усовершенствовала и одновременно упростила строение теоретической физики, что последняя более немыслима без нее».** Луи де Бройль отзывался о методологическом значении теории относи-



Макс Планк (1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)
 и Альберт Эйнштейн (1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)



Луи де Бройль
 (1892–1987 (95))
Ноб. пр. 1929 (37)



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

тельности таким образом: *«Она показала нам, что можно преодолевать кажущиеся неприступными препятствия и открывать неожиданные точки зрения, стоит только отказаться от предвзятых мнений, которые считаются справедливыми, скорее, в силу привычки, чем логики. Теория относительности была великолепным средством упрямить дух физиков».*

Томас Манн написал об Альберте Эйнштейне: *«Нефизики могут постичь его величие лишь интуитивно, но в памяти всех людей доброй воли гениальный естествоиспытатель останется жить как неустрашимый борец за истину, человеческое достоинство и мир между народами».*

Слова, сказанные Альбертом Эйнштейном об Иоганне Кеплере, справедливы и по отношению к нему самому: *«Он принадлежал к числу тех немногих людей, которые не могут не высказывать открыто своих убеждений по любому вопросу».*

ГЛАВА 5

КОПЕНГАГЕНСКАЯ ШКОЛА КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

Нильс БОР

На протяжении полувека Нильс Бор вызывал восхищение физиков, особенно физиков-теоретиков, и пользовался исключительным уважением среди учёных.

Заслуга Н. Бора состоит в том, что он ввёл представление о квантах света в теорию строения атома.

Макс Планк говорил об этом: *«Смелость теории атомного механизма Бора и полнота его разрыва с укоренившимися и якобы надёжными воззрениями не имеет себе равных в истории физической науки».*

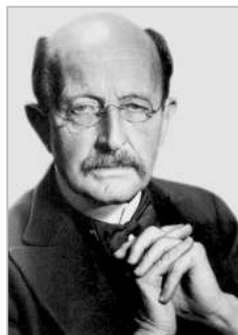
Если посмотреть работы Н. Бора по квантовой механике, то ничего сложнее определённого интеграла и школьной алгебры в них не встретишь. Карл Фридрих фон Вейцзеккер так отзывался о Нильсе Боре: *«Выдающиеся математические способности или даже виртуозность в той мере, в какой ими обладают многие из его учеников, ему не даны. Он мыслит наглядно и с помощью понятий, но не собственно математически».*

Сам Нильс Бор в разговоре с Вольфгангом Паули сделал однажды характерное признание, что его *«интерес не математика, а, скорее, ремесленника и философа».*

Не следует, конечно, думать, что Нильсу Бору были чужды математические сложности. Его первая профессорская должность в Манчестерском университете у Эрнеста Резерфорда – должность профессора математической физики. Как писал Евгений Львович Фейнберг (1912–2005 (93)), *«своеобразная схема и математический аппарат, которые были развиты при создании квантовой механики, проложили путь к более глубокой проблеме – к проблеме понимания основных физических законов, и Бор как бы смотрел поверх этого аппарата. Вместе с тем Бор, конечно, решал и конкретные физические проблемы. Но его главный и замечательный вклад в науку связан с созданием и осмыслением*



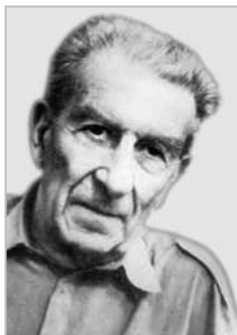
Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)



Карл Фридрих
фон Вейцзеккер
(1912–2007 (95))



Евгений Львович
Фейнберг
(1912–2005 (93))



Джеймс Франк
(1882–1964 (82))
Ноб. пр. 1925 (43)



Виктор Вайскопф
(1908–2002 (94))

основ той новой физики, которую он сам и строил вместе с другими, вместе со своими сотрудниками и учениками, с уяснением физического содержания квантовой механики. В совокупности с чертами его характера, удивительным образом сочетавшего мягкость и твёрдость, доброжелательность и непримиримость, уступчивость и непреклонность, – эти особенности его научного творчества создавали совершенно исключительную личность мыслителя. Величие его души, величие его ума и порождали то уважение, которое он встречал в мыслящем мире».

Джеймс Франк писал об учениках Нильса Бора: *«Его учениками становились молодые одарённые теоретики, получившие подготовку по теоретической физике и особенно по применению математики при разработке теоретических проблем в других крупных центрах этой области науки. То, чему учил их Бор на собственном примере и путём дискуссий, было искусством, в котором он для всех оставался образцом: продумывание проблемы до конца, неотступное преодоление самообмана, мужество перед, казалось бы, непреодолимыми препятствиями».*

Виктор Вайскопф (1908–2002 (94)) в сборнике, посвящённом памяти Нильса Бора, писал о нём: *«Какое наследство оставил нам Нильс Бор? Это теория строения материи – величайший культурный подвиг нашего времени, духовное здание, которым мы обязаны Бору. Он заложил его фундамент своей теорией атома: обрисовал контуры здания, сформулировав понятие квантовой механики, и предпринял его строительство, основав знаменитый Институт теоретической физики в Копенгагене, выпускники которого работают сейчас во всех странах мира».*

Кванты и атомы

Нильс БОР

(1885–1962 (77); Ноб. пр. 1922 (37))

Нильс Бор родился в Копенгагене 7 октября 1885 года в старом особняке на Странде, 14. В этом особняке бабушки вместе с сестрой Дженни и младшим бра-

том Харальдом в атмосфере гостеприимства, задушевности и утончённости прошло их детство.

Сам Н. Бор писал о своём детстве: *«Я рос в семье с глубокими духовными интересами, где обычными были научные дискуссии; да и для моего отца вряд ли существовало строгое различие между его собственной научной работой и его живым интересом ко всем проблемам человеческой жизни».*

Отец Нильса Бора, профессор Христиан Бор, был всемирно известным физиологом. Он родился в 1855 году в семье директора частной школы, впоследствии профессора Х. Г. С. Бора, женатого на урождённой Римстад. В 1878 году Христиан Бор сдал экзамен на право занятия должности терапевта, но в течение всей своей жизни он никогда не занимался врачебной практикой. Его женой в 1881 году стала Элен Адлер, дочь банкира Д. А. Адлера. На её похоронах в 1932 году друг Нильса Бора, Оле Чивиц, впоследствии профессор хирургии при Копенгагенском университете, сказал: *«Обаяние Элен Бор покоряло всех нас, ибо оно было всеобъемлющим; увидев Элен в первый раз, люди могли заподозрить её в неискренности, но уже очень скоро они понимали, что её обаяние, как, впрочем, и всё остальное, было искренним и сильным. Она была воплощением бескорыстия, подобное которому встречается редко».*

В школе, если не считать занятий датским языком и сочинений, Нильс Бор был способным и любознательным учеником, и постепенно его редкий талант в области физики и математики заставил говорить о себе. Он также увлекался историей и писал сочинения на латыни. Всё это позволило Нильсу блестяще сдать выпускные экзамены.

Братья Нильс и Харальд Боры стали почти одновременно студентами Копенгагенского университета, и временами в учении Харальд обгонял Нильса. Так, весной 1909 года Харальд уже стал магистром наук, а Нильс ещё только готовился к экзаменам. Уже через год Нильс приступил к работе над докторской диссертацией. Однако первой известной работой Нильса Бора было экспериментальное исследование поверхностного натяжения жидкостей, выполненное в лаборатории его отца, на основе работ лорда Рэлея (Уильяма Стретта), по конкурсному заданию Датского Королевского общества в 1907 году. Эта работа была удостоена золотой медали Копенгагенской академии наук, через два года была опубликована в *«Философских трудах Британского Королевского общества»* и осталась единственной большой экспериментальной работой Нильса Бора.

В молодости братья Боры были страстными футболистами, они некоторое время входили в состав национальной команды Дании. Кроме того, Нильс Бор любил лыжный спорт и нередко брал с собой на лыжные прогулки своих учеников и сотрудников.



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

В университете Н. Бор занимался ещё одной научной проблемой, позднее занявшей важное место в его научных исследованиях, а именно проблемой радиоактивных веществ. В сохранившейся рукописи 1905 года под названием *«Доклад о радиоактивных превращениях»*, который Н. Бор делал на одном из студенческих семинаров и который представлял обзор последних открытий и теорий в этой области, видно, с какой серьёзностью 20-летний студент Нильс Бор подходил к изложению различных точек зрения и результатов.

В 1910 году Н. Бор получил учёную степень магистра в университете Копенгагена. В личной жизни у него также произошли изменения. Нильс встретил Маргарет Нерлунд, сестру Нильса Нерлунда, товарища его брата Харальда, дочь аптекаря Альфреда Нерлунда из Слагельса.

После получения звания магистра наук Нильс Бор сразу же приступил к работе над докторской диссертацией под названием *«Анализ электронной теории металлов»*, которую защитил в 26 лет (1911). В реферате, помещённом в одной из ежедневных газет, говорилось: ***«У нас в Дании, безусловно, нет таких эрудированных в электронной теории людей, кто бы мог с полным знанием дела судить о диссертации на эту тему»***. Фактически это исследование было последним вкладом в создание представлений об электронном строении металлов, заложенных Паулем Друде (1863–1906 (43)), Дж. Дж. Томсоном и Хендриком Лорентцом. В диссертации Н. Бор расширил и развил методы исследований, разработанные до него, попытался объяснить свойства металлов, в основном тепло- и электропроводимость, на основе классической механики и электродинамики и представлений о находящихся в металлах сравнительно свободно двигающихся электронов. В этом исследовании выявилась ограниченность классических теорий для объяснения исследуемых физических явлений. При своём исследовании Н. Бор впервые столкнулся с квантовой гипотезой Макса Планка.



*Джозеф Лармор
(1857–1942 (85))*



*Джеймс Джинс
(1877–1946 (69))*

В том же 1911 году состоялась помолвка Нильса с Маргарет Нерлунд. В сентябре Н. Бор в качестве стипендиата Карлсбергского фонда уехал на стажировку в Кембридж сроком на один год. Молодого учёного привлекал не столько сам Кембридж с его прославленными научными традициями, сколько присутствие там многих известных физиков: Джозефа Лармора (1857–1942 (85)), Джеймса Джинса и, конеч-

но, Джозефа Джона Томсона, открывшего электрон. Теория электрона и была предметом основательного и критического анализа в диссертации Нильса Бора. Несомненно, возможность обсуждения с самим Дж. Дж. Томсоном волновавших его проблем была решающим стимулом, побудившим Н. Бора выбрать для своей стажировки именно Кембридж.

После возвращения Нильса из Кембриджа состоялось его венчание (1 августа 1912 года) с Маргарет. Свадебное путешествие привело их снова в Англию, где после недельного пребывания в Кембридже молодая пара посетила Э. Резерфорда в Манчестере. Брак Н. Бора был очень удачным. На протяжении более 50-летнего супружества Маргарет Бор была подлинной и незаменимой опорой мужа не только благодаря силе своего характера, уму и знанию жизни, но прежде всего благодаря своей беспредельной преданности.

Свадебное путешествие закончилось, и Нильс Бор отправился в Манчестер к Эрнесту Резерфорду. Там он начал впервые заниматься теоретическим исследованием торможения α - и β -лучей, а затем приступил к изучению структуры атомов. Н. Бор работал под руководством Э. Резерфорда почти три года, если не считать его временную доцентуру в Дании. Модель атома Э. Резерфорда имела существенные физические недостатки, не подтверждалась спектроскопией и не объясняла спектры. Атом в этой модели не согласовывался с законами электродинамики Дж. Максвелла. В такой модели он должен был быть очень неустойчивым, поскольку вращающиеся вокруг положительного ядра электроны, потеряв всю энергию на излучение, упали бы на ядро. Заслуга Н. Бора состоит в том, что он ввёл представление о квантах света в теорию строения атома.

Н. Бор вернулся в Копенгаген в начале 1913 года и начал развивать новые представления о структуре атома. В работе «О строении атомов и молекул», опубликованной в «*Philosophical Magazin*», Нильс Бор объединил идеи Эрнеста Резерфорда, Макса Планка и Альберта Эйнштейна, спектроскопию и квантовую теорию.

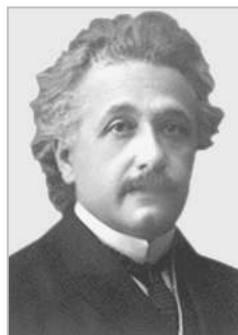
1913 год был годом решающего перелома, началом новой эпохи в развитии физики. Нильс Бор опу-



*Джозеф Джон Томсон
(1856–1940 (84))
Ноб. пр. 1906 (50)*



*Эрнест Резерфорд
(1871–1937 (66))
Ноб. пр., хим. 1908 (37)*



*Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)*

бликовал шесть научных работ, в которых привлёк внимание к ограниченности представлений и теорий классической физики для описания макроскопических свойств металлов и при этом показал взаимосвязь классических представлений (являющихся обобщением повседневного физического опыта) и совершенно новых основ, необходимых для понимания некоторых явлений атомной физики, которые в дальнейшем и будут одной из главных тем в исследованиях Н. Бора.

В первой работе Н. Бор на основе модели атома Э. Резерфорда теоретически исследовал поведение электрически заряженных частиц при их прохождении через более плотные слои вещества.

После выхода в свет ещё трёх работ Н. Бора о строении атомов и молекул наступил перелом в развитии физики. Молодой учёный показал, что модель атома Э. Резерфорда вместе с классической физикой не могут объяснить устойчивости атомов. В результате Н. Бор вынужден был отойти от представлений классической физики и выдвинуть свои знаменитые постулаты:



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

Первый постулат – **«Электроны в атомах могут находиться только в определённых стационарных состояниях, т. е. на так называемых стационарных или „квантовых орбитах“».**

Второй постулат – **«Пока электрон находится на стационарной орбите, он не излучает свет, но атом испускает электромагнитные колебания тогда, когда электрон перескакивает из стационарного состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией, т. е. совершает „квантовый скачок“».**

Как раз разница этих энергий стационарных состояний и определяет по формуле Макса Планка частоту испускаемых атомом квантов электромагнитного излучения (фотонов). В результате Нильс Бор показал, что атом может поглощать свет только тех частот, которые он сам излучает. Таким образом, излучаемый световой поток – это поток фотонов, излучаемых группами атомов данного элемента.

В процессе исследований Нильс Бор у становилось ясным, что **«квантовые скачки нельзя сопоставлять с процессами классической физики, поскольку не существует методов, дающих возможность определить, когда электрон покинет своё стационарное состояние и в какое стационарное состояние перейдет в следующий промежуток времени. Возможно лишь указать так называемые вероятности перехода электрона из одного стационарного состояния в другие с более низкими энергиями в определённый промежуток времени. При этом вероятности перехода выражаются относительными числами различных квантовых скачков в большом количестве атомов при одинаковых внешних условиях и могут измеряться интенсивностями света, относящегося к различным частотам».**

К сожалению, до проведения своих исследований Н. Бор не знал результатов И. Бальмера об обнаруженной им в 1885 году закономерности в спектральных линиях атома водорода. Когда Н. Бор увидел формулу Бальмера, дающую возможность определить длины волн всех линий водородной серии, ему ясно представилась практически квантовая картина жизни атома.

Полученные Н. Бором результаты и существующая уже в то время (с 1898 года) Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева помогли ему понять физическое устройство периодизации химических элементов, полученное из анализа химических взаимодействий элементов. Оказалось, что в основе периодизации известных в то время химических элементов лежит атомный вес элементов. При расположении элементов в зависимости от увеличения их атомного веса родственные химически и физически элементы появляются через определённые промежутки или периоды.

Принимая за основу модель атома Э. Резерфорда, *«удалось понять, что номер элемента в Периодической системе по мере возрастания атомного веса равен электрическому заряду ядра, или числу электронов, вращающихся вокруг ядра. Значит, большинство физических и химических свойств элементов определяется исключительно зарядом ядра, что и обуславливает их место в Периодической системе».*

Нильсу Бору удалось объяснить своеобразную особенность Периодической системы химических элементов, заключающуюся в том, что родственные элементы появляются через определённые промежутки. Физические и химические свойства чаще всего зависят от распределения электронов на внешних орбитах, причём эти электроны слабее всего связаны с ядром и могут быть легко оторваны от ядра, чем, в частности, определяется химическая валентность элементов. *«Оказалось, — как писал Н. Бор, — что одинаковая группировка внешних электронов повторяется через равномерные промежутки, а это и объясняет периодичность в свойствах элементов».*

Примером правильного физического понимания периодичности свойств химических элементов является открытие гафния (№ 72, IV группа). Из анализа стало понятно, что этот, ещё не открытый в то время эле-



Иоганн Якоб Бальмер
(1825–1898 (73))



Дмитрий Иванович
Менделеев
(1834–1907 (73))



*Дьёрдь Хевеши
(1885–1966 (81))
Ноб. пр., хим. 1943 (58)*



*Дирк Костер
(1889–1950 (61))*



*Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)*

мент должен появиться в минералах, в которых присутствует цирконий (№ 40, IV группа). Такой подход привел к открытию в 1922–1923 годах Дьёрдем Хевеши и Дирком Костером (1889–1950 (61)) в Институте теоретической физики в Копенгагене элемента гафния, названного в честь Копенгагена (*Hafnia* – латинское название Копенгагена).

Н. Бор с самого начала своей работы по созданию атомной теории отмечал **«ограниченность используемых методов и несовершенство основ, на которых она зиждилась»**. Эти недостатки постоянно проявлялись в первой половине 20-х годов XX века, поскольку теория не была в состоянии объяснить целый ряд тонкостей в атомных спектрах, а одновременное использование классических представлений и квантовых понятий приводило к возникновению всевозможных парадоксов.

Созданная Нильсом Бором теория блестяще согласовывалась с экспериментальными фактами, что как раз и является важнейшей задачей теории.

Нильс Бор так объяснил оба квантовых постулата (о «**квантовых орбитах**» и о «**квантовых скачках**») в своём нобелевском докладе (1922): **«Тогда как первый постулат подчёркивает общую устойчивость атома, второй прежде всего имеет в виду существование спектров, состоящих из резких линий»**.

Вернер Гейзенберг писал о революционных результатах Нильса Бора: **«Большое количество экспериментального материала, полученное спектроскопией в течение нескольких десятилетий, теперь, при изучении квантовых законов движения электронов, стало источником информации. Для той же самой цели могли быть использованы многие эксперименты химиков. Имея дело с этим экспериментальным материалом, физики постепенно научились ставить правильные вопросы. А ведь часто правильно поставленный вопрос означает больше, чем наполовину решение проблемы»**.

Преобразующее научное достижение 27-летнего физика смогло свершиться только потому, что ему не мешали двигаться вперед консервативные устаревшие уже физические представления, излишнее благоговение перед классическими взглядами. Поэтому именно

Нильс Бор, а не Макс Планк стал творцом атомной модели и вождём **«квантовых теоретиков»**, но путь идеи проходил от Макса Планка (квант действия) через Альберта Эйнштейна (квант света) к Нильсу Бору.

Джеймс Франк позднее говорил: *«Полвека спустя введение дискретных квантовых состояний электронной системы атома может показаться чем-то само собой разумеющимся. Казалось, если бы Бор не ввёл эту идею, то вскоре кто-нибудь другой пришёл бы к тому же выводу. Такое мнение в корне ошибочно. Сколько мужества, независимости и сосредоточенности на существовавшем было необходимо, показывает та медлительность, с которой эта идея находила признание у огромной массы физиков».*

Летом 1922 года во время путешествия с молодым студентом Вернером Гейзенбергом на вершину горы Хайнберг у Гёттингена, где Нильс Бор читал цикл лекций по квантовой теории, профессор так рассказал своему будущему ученику о возникновении и создании основы квантовой механики: *«По-видимому, сначала мне нужно немного рассказать об истории моей гипотезы. Её исходным пунктом отнюдь не была мысль, будто атом есть планетарная система в миниатюре и будто здесь можно применять законы астрономии. До такой степени буквально я это никогда не понимал. Главным для меня было другое, а именно устойчивость материи, с точки зрения прежней физики представляющаяся подлинным чудом».* Под словом «устойчивость» Н. Бор имел в виду то, что одни и те же вещества всегда и везде сопровождаются одними и теми же свойствами, что образуются одинаковые кристаллы, возникают одинаковые химические соединения и т. д. Он продолжал дальше: *«Всё это вовсе не само собой разумеется, напротив, кажется непонятным, если исходить из принципа ньютоновской физики, из строгой причинной детерминированности событий, когда всякое данное состояние должно быть однозначно определено предшествующим состоянием и только. Это противоречие беспокоит меня уже очень давно».* Н. Бор ввёл «стационарные состояния», когда атом не излучает. Далее он продолжал: *«Потом Резерфорд провёл свои исследования строения атома, которые оказались столь решающими для последующего развития. Там, в Манчестере, в лаборатории Резерфорда, я и познакомился со всей этой проблематикой. Я тогда был почти так же молод, как Вы теперь (Гейзенбергу в то время был 21 год. — Ю. В. Трушин), и вёл по этим вопросам бесконечные разговоры с Резерфордом. Наконец, в самое последнее время были обстоятельнее исследованы явления свечения, измерены спектральные линии, характерные для различных химических элементов... Эти события, в которых я иногда принимал непо-*



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

средственное участие, поставили нас перед вопросом о том, как здесь связать концы с концами. Теория, которую я попытался построить, имела своей целью установить такую связь».

Однако цель, поставленная себе Н. Бором, была в то время безнадежным делом. Это задача другого масштаба, нежели обычные научные задачи, которые при объяснении нового явления использовали уже имеющиеся понятия и методы и сводили рассматриваемое явление к уже известным физическим процессам или законам. Но Н. Бор далее заметил: *«А в атомной физике прежних понятий заведомо недостаточно. Из-за устойчивости материи ньютоновская механика неприменима внутри атома, и, стало быть, невозможно также никакое наглядное описание строения атома. Ведь подобное описание – именно в силу своей наглядности – должно было бы пользоваться понятиями классической физики, а они уже не охватывают происходящего. Так что подобная теория замахивается, собственно, на что-то в принципе невозможное. В самом деле: надо говорить о строении атома, а мы не располагаем языком, на котором могли бы объясниться...*

В подобном положении теория вообще не может ничего „объяснить“ в смысле, принятом до сих пор в науке. Речь идёт о том, чтобы постепенно обнаруживать существующие связи и на ощупь, осторожно продвигаться вперёд. Однако сделать больше пока ещё просто невозможно. Остается ожидать, что парадоксы квантовой теории, непонятные черты, связанные с устойчивостью материи, с каждым новым экспериментом будут выступать во всё более ярком свете. В таком случае можно будет надеяться, что с течением времени возникнут новые понятия, с помощью которых мы сможем как-то понять и процессы в атоме, неизобразимые наглядно. Однако до этого нам ещё далеко».

Попытка Нильса Бора создать модель атома на основе понятия квантов не имела сначала у физиков большого успеха, поскольку квантовая гипотеза Макса Планка в то время (1913) ещё считалась спорной. Как писал в автобиографии основатель кибернетики Норберт Винер, некоторым теория Н. Бора казалась *«поразительным гибридом, полученным с помощью прививки некоторых черт квантовой теории, исходящей из представлений о прерывности материи, к теории планетных орбит – типичной классической теории, рассматривающей мир как нечто непрерывное».*



Норберт Винер
(1894–1964 (70))

Эрнест Розерфорд, несмотря на некоторые сомнения, воспринял модель атома своего ученика с одобрением. Дж. Дж. Томсон, однако, решительно отклонил эту модель. Даже Арнольд Зоммерфельд вначале также не хотел ничего знать о применении объяснения серии Бальмера к модели атома. В дальнейшем именно фундаментальные исследования

А. Зоммерфельдом тонкой структуры линий водорода и его расчёт возможных орбит электронов с учетом теории относительности способствовали грандиозному успеху атомизма, который в значительной мере привёл к стиранию границы между физикой и химией. Его труд *«Строение атома и спектральные линии»* считается классической монографией раннего периода современной теории атома. Именно Арнольд Зоммерфельд, посвятивший впоследствии все свои силы разработке теории атома Нильса Бора, дал точное математическое изложение основополагающих постулатов Н. Бора в его модели атома.

С большим трудом воспринимали физики революционные шаги новой науки. Это относится и к самому Макс Планку, с крайней осторожностью подходившему к распространению выдвинутой им гипотезы о кванте действия, и к Альберту Эйнштейну, сомневавшемуся в квантовых представлениях, несмотря на полученное им самим уравнение для фотоэффекта. Даже Джеймс Франк и Густав Герц, совместно получившие в 1925 году Нобелевскую премию за открытие законов соударений электронов с атомами и осуществившие эксперименты по возбуждению и ионизации атомов в парах ртути ударами электронов, вначале не признали ценности работы датского коллеги. По этому поводу Джеймс Франк писал в статье о Нильсе Боре в *«Naturwissenschaften»* в 1963 году: *«Работа Бора в первые годы её появления была малоизвестна в Германии. Литературу (научную. — Ю. В. Трушин) лишь бегло просматривали, и так как в то время среди физиков господствовало откровенное недоверие к успешности попыток сконструировать модель атома при тогдашнем уровне знаний, то мало кто давал себе труд внимательно прочитать работу. Особо следует отметить, что Густав Герц и пишущий эти строки вначале были неспособны понять огромное значение работы Бора»*. Следует отметить, что оба эти выдающихся физика, работавшие в то время в Физическом институте Берлинского университета, своими знаменитыми экспериментами решительным



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))



Джеймс Франк
(1882–1964 (82))
Ноб. пр. 1925 (43)



Густав Герц
(1887–1975 (88))
Ноб. пр. 1925 (38)



Институт теоретической физики
в Копенгагене



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)
и Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)



Пауль Эренфест
(1880–1933 (53))

образом, собственно, и подтверждали боровское понимание строения атомов. Предложенный Дж. Франком и Г. Герцем метод сталкивания электронов открыл большие возможности для выяснения строения атома. Как говорил Густав Герц в своём нобелевском докладе 11 декабря 1926 года, их результаты **«дали непосредственное экспериментальное подтверждение основных предположений**

теории атома Бора». Существование **«дискретных энергетических уровней**» теперь уже не могло серьёзно подвергаться сомнению.

Вначале оба тогда молодых физика-экспериментатора не заметили тесной связи результатов своих исследований с новым боровским пониманием атомной механики. **«Мы читали работу Бора, – писал Дж. Франк, – до того, как отправили наши рукописи в печать, однако решили послать их, не упоминая в них этой работы, так как мы столкнулись бы с мнимой трудностью объяснения сильной ионизации ртутной дуги, если, как делал вывод Бор, энергия, используемая для ионизации атомов, значительно превышает ту, которая вызывает напряжение возбуждения**». Это кажущееся разногласие позднее получило объяснение в науке.

В 1913 году, когда была опубликована работа Н. Бора о модели атома, он стал доцентом Копенгагенского университета, где в то время читал лекции по физике для медиков. Через год Н. Бор поехал читать лекции в Манчестер, а уже в 1916 году получил профессию в Копенгагене. В 1920 году специально для Нильса Бора была создана кафедра теоретической физики, а в 1921 году был открыт Институт теоретической физики, которым Нильс Бор руководил до конца своей жизни.

С начала 20-х годов XX века создатель квантовой модели атома стал одним из самых известных физиков мира. Он производил незабываемое впечатление на своих коллег. В 1920 году в Берлине Нильс Бор познакомился с Альбертом Эйнштейном, который восторженно писал о нём своему другу Паулю Эренфесту (1880–1933 (53)): **«Бор был здесь, и я влю-**

бился в него так же, как ты. Он очень тонко чувствующий парень и расхаживает по этому миру как бы под своего рода гипнозом».

Н. Бору не доставляло удовольствия читать лекции в университете. По словам Дж. Франка, у Н. Бора *«не было никакого природного дарования»* к чтению курса лекций в соответствии с принятыми в университете требованиями. Он говорил заикаясь, тихо и невнятно и, как свидетельствуют, в самые ответственные моменты закрывал к тому же ладонью рот. Трудности доставляло ему и распределение учебного материала по часам.

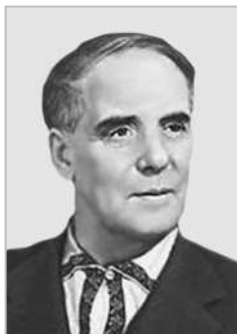
Однако, как и Макс Лауэ, который тоже не относился к числу хороших лекторов, Нильс Бор блистал на коллоквиумах. Здесь он, по словам Джеймса Франка, чувствовал себя *«легко и совершенно как дома. Быстрота и глубина мышления Нильса Бора и его способность тотчас же схватывать сущность каждый раз заново поражали тех, кто с ним сталкивался».*

Летом 1922 года Н. Бор был приглашён в Гёттинген прочитать цикл лекций. Состоялся гёттингенский «Фестиваль Бора», что стало значительным явлением в истории науки. Один из слушателей «Фестиваля» студент Фридрих Гунт писал позднее: *«Бор в течение трёх недель по понедельникам, вторникам и средам во время семинаров (а чаще значительно дольше) делал доклады по квантовой теории атома и Периодической системе элементов. Говорил Бор невнятно, а мы, как младшие, не могли сидеть на передних скамьях среди именитых гостей, поэтому мы напряжённо вслушивались, раскрыв рты и забывая об ужине и о требованиях наших голодных желудков... То, о чем говорил Бор, звучало совершенно по-иному, и мы чувствовали, что это было что-то очень существенное. Сегодня уже не передашь, каким ореолом было окружено это мероприятие; для нас оно было таким же выдающимся событием, как и Гёттингенские фестивали Генделя, проводившиеся в те годы».*

В возрасте 37 лет (1922) Нильс Бор получил Нобелевскую премию по физике. В нобелевском докладе о строении атома он дал отчёт о прежней своей работе и сделал обзор состояния исследований атома. Он полагал, что квантовая теория находится ещё у своих истоков и предстоит искать ответ на многие вопросы. После получения Нобелевской премии Н. Бор был освобождён от обязанностей чтения лекций с тем, чтобы он мог полностью посвятить себя научным исследованиям.

Авторитет Нильса Бора в науке способствовал тому, что Копенгаген стал столицей атомной физики и Меккой для физиков-теоретиков из всех стран. Многие молодые физики приезжали сами или по приглашению Н. Бора, работали там несколько недель или месяцев, а многие оставались на годы.

В распоряжении Нильса Бора, как и у Марии Кюри, были денежные средства одного американского фонда, которые он использовал для по-



*Пётр Леонидович
Капица
(1894–1984 (90))
Ноб. пр. 1978 (84)*



*Игорь Евгеньевич Тамм
(1895–1971 (76))
Ноб. пр. 1958 (63)*



*Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)*

ощрения **«научной поросли»**. Под руководством Н. Бора происходили непринуждённые, свободные от какого-либо давления с его стороны теоретические споры. Вопросы, которые интересовали учеников и всех участников дискуссии, обсуждались откровенно и безбоязненно. Многие известные физики-теоретики XX века с гордостью и благодарностью называют себя учениками Бора. Вот как писал Джеймс Франк, работавший некоторое время в Копенгагенском университете, об учениках Нильса Бора: **«Его учениками становились молодые одарённые теоретики, получившие подготовку по теоретической физике и особенно по применению математики при разработке теоретических проблем в других крупных центрах этой области науки. То, чему учил их Бор на собственном примере и путём дискуссий, было искусством, в котором он для всех оставался образцом: продумывание проблемы до конца, неотступное преодоление самообмана, мужество перед, казалось бы, непреодолимыми препятствиями»**.

О **«тайне»** создания знаменитой школы физиков-теоретиков в Копенгагене во главе с ним Нильс Бор сказал на семинаре П. Л. Капицы в Институте физических проблем в Москве в мае 1961 года: **«Никакой особой тайны не было, разве что мы не боялись показаться глупыми перед молодёжью»**. Игорь Евгеньевич Тамм (1895–1971 (76); Ноб. пр. 1958 (63)) заметил, что Н. Бору **«было совершенно чуждо любое важничанье и зазнайство, он отличался поразительной скромностью»**.

Нильс Бор был физиком до мозга костей и обладал гениальной интуицией в области физики. Вместе с тем во владении математическим аппаратом он во многом уступал своим коллегам. Математическое «одеяние» квантовой механики, основы которой, по сути, опираются на работы Нильса Бора, развито и создано не им самим, а другими: Максом Борном, Вернером Гейзенбергом,



*Паскуаль Йордан
(1902–1980 (78))*



*Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)*



*Поль Дирак
(1902–1984 (82))
Ноб. пр. 1933 (31)*

Паскуалем Йорданом, Вольфгангом Паули, Полем Дираком, Эрвином Шрёдингером. Карл Фридрих фон Вейцзеккер писал, что среди учеников и сотрудников Н. Бора ходила шутка о том, что великий Бор знает только два математических знака: *«меньше, чем...»* и *«приблизительно равно»*.

Нильс Бор ввёл два принципа: соответствия и дополнительности. Он посвятил много лет своей работы проблеме сущности всякого наблюдения, пока, как писал Дж. Франк, *«не пришёл к удовлетворительным результатам»*.

Принцип соответствия Н. Бор выдвинул в 1916 году. Этот принцип означал, что квантовая теория может быть определённым образом согласована с классической теорией, т. е. *«соответствовать»* ей. Классическая механика блестяще подтвердилась не только во всех макроскопических процессах, но также и во всех микрофизических процессах, вплоть до движения атомов как целого, что показала кинетическая теория материи. Отсюда новая атомная механика должна была привести, в конце концов, к тем же результатам, что и классическая, т. е. она должна была асимптотически перейти в классическую механику для предельных случаев больших масс или больших размеров орбит. *«Если значение элементарного кванта действия h рассматривать как бесконечно малую величину или пренебречь им, — писал Н. Бор, — то практически будут действовать законы классиче-*



*Эрвин Шрёдингер
(1887–1961 (74))
Ноб. пр. 1933 (46)*



*Карл Фридрих
фон Вейцзеккер
(1912–2007 (95))*



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)
и Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

ской физики. Принцип соответствия осуществляет связь между двумя противоречащими друг другу теоретическими построениями: микрофизикой и макрофизикой, границы между которыми определяются константой Планка).

Принцип соответствия оказался очень полезным для приблизительных расчётов интенсивности спектральных линий. Он сыграл большую роль в дальнейшем развитии квантовой физики. Макс Борн говорил: *«Теоретическая физика жила этой идеей последние десять лет... Искусство угадывания правильных формул, которые отклоняются от классических, но переходят в них, в смысле принципа соответствия было значительно усовершенствовано».*

Зимой 1927 года у Нильса Бора в Копенгагене работал Вернер Гейзенберг. После напряжённых дискуссий оба устали, и Н. Бор решил поехать в феврале покататься на лыжах в Норвегии. Продолжая обсуждать вопросы квантовой механики, после возвращения Н. Бор сформулировал принцип дополнительнойности, а В. Гейзенберг соотношение неопределённостей. Летом 1927 года на съезде физиков на итальянском озере Комо по случаю столетия со дня смерти Алессандро Вольта (1745–1827 (82)) в своём докладе Нильс Бор изложил второй принцип – принцип дополнительности, сделавший возможным непротиворечивое толкование явлений квантовой механики: *«Понятия частицы и волны дополняют друг друга и в то же время противоречат друг другу; они являются дополняющими картинами происходящего».*

Это означает, что атомные системы, для которых существенным является квант действия, не могут рассматриваться так же, как частицы макромира, для которых константа h ввиду её малой величины не имеет значения. В мире атома корпускулярная и волновая картины сами по себе не являются достаточными, как в мире больших тел. Обе *«картины»* законны, и противоречие между ними нельзя снять. Поэтому корпускулярная и волновая картины должны дополнять одна другую, т. е. быть *«комплементарными»*. Только при учёте обоих аспектов получают общую картину микрофизики, прежде всего электронной механики.

Основные выводы были опубликованы в статье *«Квантовый постулат и новое развитие атомистики»* сначала в журнале *«Nature»*, а потом в *«Naturwissenschaften»*.

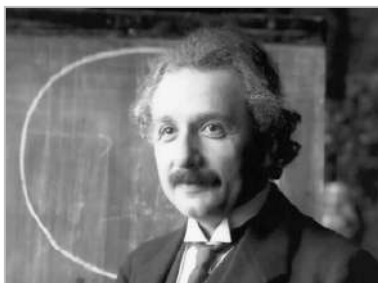
Академик В. А. Фок подчёркивал: *«Объекты атомного мира в неменьшей степени относятся к реальному миру, и их свойства не менее реальны, чем вещи и свойства, исследуемые в классической физике»*. Таким образом, после 1927 года не могло уже оставаться в силе представление о частицах в атомной физике как об очень маленьких песчинках.

Вместе с другими ведущими представителями квантовой теории Нильс Бор придерживался мнения, что *«исследование субатомных явлений в мельчайших подробностях невозможно, потому что любая попытка изучения этих процессов сопровождается нежелательным вмешательством измерительных инструментов в ход событий. Поэтому при прогнозировании квантово-механических процессов можно говорить только о вероятности их наступления, но не о естественно необходимой достоверности»*. Все положения теории атома имеют вероятностный характер. Все законы атомной физики являются вероятностными законами.

Однако Альберт Эйнштейн, Макс фон Лауэ, Эрвин Шрёдингер не соглашались с основными вероятностными подходами в квантовой физике. Иллюстрацией такого положения дел были, как отмечалось ранее, Сольвеевские конгрессы 1927 и 1930 годов, на которых Нильсу Бору, его ученикам и сотрудникам пришлось отстаивать вероятностные понятия и представления квантовой механики в каждодневных спорах с Альбертом Эйнштейном. Главной темой обсуждений был отказ от наглядного описания, обусловленного новыми методами. Нильс Бор писал, что в 1927 году, до Пятого конгресса, Вернер Гейзенберг *«связал противоположные и параллельные ориентировки спинов электронов с симметричными и несимметричными пространственными волновыми функциями. Тем самым были признаны два семейства частиц, ныне называемых фермионами и бозонами. Но большие трудности создавала неясность терминологии»*.



Владимир Александрович
Фок
(1898–1974 (76))



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)



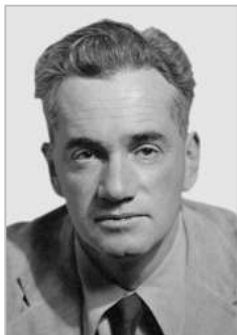
Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)

Нильс Бор пояснял: *«Появилась необходимость замены обычного координатного трёхмерного пространства представлением состояния системы из нескольких частиц в виде волновой функции в конфигурационном пространстве с числом координат, равным числу степеней свободы системы»*. И далее Н. Бор писал: *«Определилась необходимость ясного различения в квантовой физике между объектами и измерительными приборами»*.

Спор между Нильсом Бором и Альбертом Эйнштейном, затянувшийся более чем на четверть века, относится к крупнейшим идейным спорам в новейшей истории науки. Оба исследователя были крупнейшими физиками, нашедшими и предложившими самые неожиданные, гениальные решения в понимании природы. Оба, и Н. Бор, и А. Эйнштейн, очень высоко ценили личность друг друга. Так, А. Эйнштейн говорил Дж. Франку: *«Я полагаю, что без Бора мы и сегодня знали бы слишком мало о теории атома»*.



*Эрнест Резерфорд
с женой (слева)
в доме Боров*



*Отто Роберт Фриш
(1904–1979 (75))*

Нильс Бор был ведущим физиком своей страны и центральной фигурой общественной жизни датской столицы – национальным героем, или, как иногда говорили, *«национальной святыней»*. Дом его – вилла, похожая на дворец, – с колонным залом, расположенный в центре великолепного парка, был передан ему в 1932 году Датской академией наук в знак признания его заслуг. Этот дом стал центром научной жизни Копенгагена: коллеги из разных концов мира находили здесь хлебосольный приём.

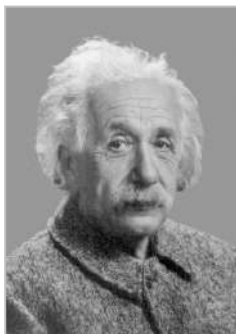
Первыми в дом Боров приехали Резерфорды, побывали король и королева Дании, английская королева Елизавета и принц Филипп, президенты, премьеры, художники, учёные. Во время институтских празднеств здесь принимали нередко больше ста гостей.

О доме Боров вспоминал Отто Фриш: *«Мы беседовали обо всём – о религии и о генетике, о политике и об искусстве. И когда я возвращался на велосипеде домой по мокрым от дождя копенгагенским улицам, пахнувшим фиалками, я чувствовал себя пьяным от самого духа платоновских диалогов»*.

С 1930 года Н. Бор всё больше и больше начал заниматься проблемами атомного ядра. Он был одним из первых, кто понял правильную оценку механизма расщепления атомного ядра, открытого в декабре 1938 года О. Ганом и Ф. Штрассманом. В начале 1939 года, во время поездки в Америку, Н. Бор, приехав в



*Джон Арчибальд Уиллер
(1911–2008 (97))*



*Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)*



*Яков Ильич Френкель
(1894–1952 (58))*

Принстон для совместной работы с А. Эйнштейном, сразу пошёл к своему ученику Дж. Уиллеру, с которым под сильным впечатлением открытия расщепления ядра урана они начали работать над осмыслением этого процесса. В результате была создана капельная модель ядра Бора–Уиллера. Следует заметить, что в то же время в Ленинграде, в Физтехе, такое же представление о ядре сформулировал Яков Ильич Френкель (1894–1952 (58)).

Во время визита в Америку Н. Бор вместе с Э. Ферми, который встречал его в порту Нью-Йорка, заинтересовали американских физиков неожиданным результатом по расщеплению ядра урана, полученным немецкими коллегами. В дальнейшем это способствовало интенсивному развитию работ американцев в области физики ядра, а в конце концов, привело к созданию в 1942 году под руководством Э. Ферми первого атомного реактора и в 1945 году – атомной бомбы.

Нильс Бор был всегда на переднем крае физических исследований и стремился ввести в этот круг интересов своих учеников. Сама личность учёного способствовала этому: Нильса Бора отличали доброты и всегдашняя готовность прийти на помощь. Э. Шрёдингер как-то сказал, что *«считает Бора одним из самых добрых людей, каких он когда-либо встречал»*. А Леон Розенфельд заметил: *«Шутки забавляли Бора. Сарказм он воспринимал спокойно, к критике же относился очень серьёзно»*.



*Энрико Ферми
(1901–1954 (53))
Ноб. пр. 1938 (37)*



*Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)*



Джеймс Франк
(1882–1964 (82))
Ноб. пр. 1925 (43)



Дьёрдь Хевеши
(1885–1966 (81))
Ноб. пр., хим. 1943 (58)

После захвата фашистами власти в Германии некоторые физики были вынуждены покинуть родину, многие из них нашли в Копенгагене первое убежище. В 1933 году, используя своё огромное влияние для того, чтобы предоставить эмигрантам новые возможности для работы, Нильс Бор с братом Харальдом, директором Института вакцин Торвальдом Мадсенем и адвокатом Верховного суда Дании Альбертом Йогансенем образовали Комитет помощи учёным-беженцам. Нильс Бор отправился в Германию: официально – для посещения университетов, а в действительности – выяснить положение учёных, не грозит ли им увольнение. В Гамбурге он предложил приехать в Копенгагенский университет Отто Фришу, к тому времени измерившему отдачу атома натрия при испускании им светового кванта. В Данию также были приглашены:

– Джеймс Франк (1882–1964 (82); Ноб. пр. 1925 (43)) «за открытие законов соударений электронов с атомами») (вместе с Генрихом Герцем), который больше года преподавал в Копенгагене, а в 1935 году переехал в США;

– Георг Плачек (1905–1955 (50)), работавший у Н. Бора в Копенгагене до 1938 года, затем в США, где предложил использовать углерод в качестве замедлителя в ядерных реакторах;

– Дьёрдь Хевеши (1885–1966 (81); Ноб. пр., хим. 1943 (58)) «за работу по использованию изотопов в качестве меченых атомов при изучении химических процессов», открывший элемент гафний в Институте теоретической физики в Копенгагене у Бора.

Среди гостей была Лизе Мейтнер, посетившая Нильса Бора после своего бегства из гитлеровской Германии летом 1938 года, прежде чем отправиться в Швецию. Дж. Франк писал в то время, что *«беседы в доме Бора не ограничивались только вопросами физики или естествознания, но относились также к философии, истории, истории религии, этическим проблемам, искусству и политике... Дом Бора можно было по праву сравнить с греческой академией. Он был идеальным приютом для малых и больших дискуссионных групп»*.

В 1934 году во время поездки на яхте при сильном шторме 19-летнего сына Нильса Бора, Христиана, смыло за борт. Н. Бор часто в иносказательной форме вспоминал о своей потере.

7 октября 1935 года Нильсу Бору исполнилось **50** лет и датчане (по инициативе Д. Хевеши) подарили ему 0,5 грамма радия, чтобы можно было получить источник нейтронов при смешивании с бериллием.

В конце 1935 года на коллоквиуме, как писал Отто Фриш, **«Бор внезапно поднялся, потом снова сел и лицо его помертвело. Мы подумали, не заболел ли он. Но через мгновение он встал и с виноватой улыбкой произнёс: „Теперь мне всё ясно“»**. Нильс Бор понял, как устроено ядро, что из-за сложного состава ядра (из протонов и нейтронов) ядерная реакция с налетающим нейтроном идёт в две стадии: сначала нейтрон сталкивается с ядром как целым, а затем идут внутренние столкновения. При этом энергия распределяется между отдельными составляющими, а потом ядро высвобождает энергию.

В 1938 году фашисты захватили Чехословакию и Австрию, а 1 сентября 1939 года захватом Польши официально началась Вторая мировая война, которая приближалась к Дании. Весной 1940 года гитлеровские войска оккупировали Данию.

После вступления в Данию гитлеровских войск весной 1940 года Н. Бор остался в стране, несмотря на то, что был известен как противник фашистской диктатуры и как *«полудеврей»* подвергался опасности. В то время он был ректором Копенгагенского университета. В конце сентября 1943 года учёный, который находился в тесной связи с датским антифашистским движением Сопротивления, тайно получил извещение о том, что оккупационные власти готовятся перевезти его в Германию. Следующей же ночью датские антифашисты переправили великого физика на лодке в Швецию, чтобы спасти от гестапо. По этому поводу Дж. Франк заметил: **«Славным делом датчан было то, что они сумели переправить всех жителей Дании, преследуемых по политическим или расовым мотивам, через Зунд в Швецию. И ночная переправа Бора в рыбацкой лодке была замечательным и далеко не безопасным предприятием»**.

Из Швеции Нильса Бора перевезли на самолёте в Англию, а оттуда он вместе со своим сыном Оге Бором (будущим лауреатом Нобелевской премии по физике 1975 года) вылетел в США, где принял участие в работе по Манхэттенскому проекту. Дж. Франк об этом писал: **«И этот полёт имел свои опасности. Череп Бора был слишком велик для дужек, с помощью которых в самолётах прижимали к ушам необходимые для связи микрофоны. Поэтому он не слышал требования пилота надеть кислородную маску и потерял сознание. Он пришел в себя лишь после того, как Оге Бор указал пилоту на его состояние и тот перевёл самолёт в нижние слои атмосферы»**.



Оге Бор
(1922–2009 (87))
Ноб. пр. 1975 (53)



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

Решение Нильса Бора принять участие в работах в Лос-Аламосе по созданию американской атомной бомбы определялось той же горькой необходимостью, что и письмо Альберта Эйнштейна Президенту США Франклину Д. Рузвельту. Когда стало ясно, что гитлеровская Германия уже не в состоянии создать атомное оружие, Нильс Бор употребил всё свое влияние, чтобы воспрепятствовать применению американцами атомных бомб. С этой целью он лично беседовал с президентом Ф. Д. Рузвельтом. Однако смерть Президента США в апреле 1945 года стала одной из причин того, что усилия учёного оказались напрасными. Н. Бор так же, как А. Эйнштейн

и все гуманистически настроенные люди во всём мире, был поражён и возмущён актом правительства Г. Трумэна – бомбардировками Хиросимы и Нагасаки. В 1950 году Нильс Бор направил в ООН меморандум о борьбе с атомным вооружением, чтобы предотвратить угрозу атомной войны.

В течение многих лет Нильс Бор был президентом Датской академии наук, в которую был избран ещё в 1917 году. Он был также членом многих иностранных обществ и академий, в том числе Берлинской академии наук (с 1922 года), Академии наук СССР (с 1929 года), Немецкой академии естествоиспытателей «Леопольдина» (с 1932 года). Ему присуждено 17 званий «Почетный доктор».

В наградном акте медали Гельмгольца Немецкой академии наук в Берлине говорилось о деятельности Нильса Бора: *«Он первый во всей глубине постиг то новое, что было непонятно нам в квантовых явлениях в природе. С 1922 года он вносит свою долю фундаментальных трудов в разработку самых существенных вопросов квантовой теории атомов, молекул и ядер, без этих трудов немыслимо было бы достойное восхищения здание современной квантовой физики».*

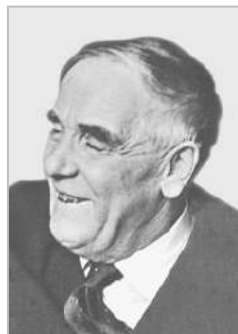
18 ноября 1962 года, отдыхая от работы, великий физик XX века заснул и больше не проснулся.

Дж. Франк писал: *«Нильс Бор прожил исключительно богатую и счастливую жизнь. Его гений и его сила позволили ему открыть новую эру в науке. Он был окружён одарёнными учениками и сотрудниками. Его брак был счастливым и гармоничным. Он видел, как его сыновья выросли настоящими людьми. Его сын Оге стал физиком, пользовавшимся большим уважением. Он видел, как росла семья, и радовался многочисленным внукам. Бор завоевал любовь всех, кому посчастливилось близко знать его».*

От развитой Нильсом Бором и его учениками, можно сказать, *«классической»* квантовой теории через волновую и матричную механику идёт долгий и нелёгкий путь к релятивистской квантовой теории полей.

П. Л. Капица сказал о Нильсе Боре: *«Во всей мировой науке в наши дни не было человека с таким влиянием на естествознание, как Бор. Из всех теоретических троп тропа Бора была самой значительной».*

Нильс Бор и его школа положили начало новому коллективному стилю исследовательской работы в теоретической физике.



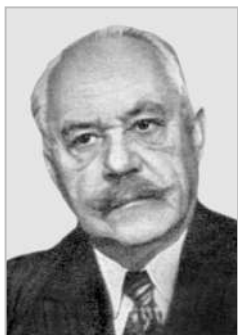
*Пётр Леонидович
Капица
(1894–1984 (90))
Ноб. пр. 1978 (84)*



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))

ГЛАВА 6

УЧЁНЫЕ И УЧИТЕЛЯ ФИЗИКОВ XX века — Арнольд ЗОММЕРФЕЛЬД и Макс БОРН

Макс Борн писал: *«Арнольд Зоммерфельд был одним из наиболее выдающихся представителей физики в период между классической и современной теоретической физикой»*. Макс Планк также высказался об Арнольде Зоммерфельде: *«Когда в первом десятилетии нашего века мощный поток, вызванный новыми экспериментальными и теоретическими открытиями, разрушил дамбу привычных традиций, Зоммерфельд сделался лидером нового направления и в деле сочетания двух образов мышления оказал мощное влияние на молодое поколение. Корни научных успехов Зоммерфельда — в комбинации классического образа мышления, неотъемлемыми составляющими которого были ясность в понимании вопроса и математическая точность в сочетании с духом исканий, характерным для пионеров. А исключительный дар выражения своих идей устным или письменным словом делал его великим учителем»*.

Вернер Гейзенберг на праздновании 80-летия Арнольда Зоммерфельда сказал: *«Юбиляр не только имел много студентов, он практически создал целое поколение физиков-теоретиков, которое ныне разбросано по всему свету»*.

М. Борн продолжил анализ эффективности школы А. Зоммерфельда: *«Секрет влияния Зоммерфельда сводился не только к хорошо организованному обучению, блестящим лекциям и семинарам, но определялся ещё и обаянием его личности и той заинтересованностью, с которой он относился к молодым людям»*.

А. Зоммерфельд был учителем более чем 15 крупнейших физиков XX века, из которых четверо стали лауреатами Нобелевской премии.

Около 1925 года решительно заявила о себе гёттингенская школа Макса Борна в области квантовой физики.

М. Борн продумал, выдвинул и обосновал вероятностное толкование квантовой механики. Он соз-

дал *«новый стиль мышления о явлениях природы»*. В этом именно и состоит его самое большое достижение в физике.

М. Борн подготовил более полутора десятков крупных физиков, из которых шестеро стали лауреатами Нобелевской премии.

Очень характерно для физиков того времени, активно конкурировавших за первенство в быстро развивающейся квантовой физике, дружеское отношение друг к другу. Таким примером может служить высказывание Макса Борна: *«Между зоммерфельдовской и моей школами имело место нечто вроде обмена. Я вспоминаю несколько примеров, когда ему удавалось поставить на ноги молодого человека в тех случаях, когда меня в этом постигала неудача»*.

В одной из своих статей еще гёттингенского периода М. Борн написал: *«Физик стремится к тому, чтобы исследовать вещи в природе: эксперимент и теория служат ему только для достижения целей, и, сознавая бесконечную сложность происходящего, с которой он сталкивается в каждом эксперименте, он противится попыткам рассматривать ту или иную теорию как окончательную. Поэтому он ненавидит слово „аксиома“, которому в обычном словоупотреблении придаётся значение окончательной истины, и делает это со здоровым ощущением того, что догматизм является злейшим врагом естествознания»*.

Арнольд ЗОММЕРФЕЛЬД

(1868–1951 (83))

Арнольд Иоганнес Вильгельм Зоммерфельд родился 5 ноября 1868 года в Кёнигсберге. Его отец, доктор Франц Зоммерфельд, занимался врачебной практикой и был коллекционером различных образцов природы – таких как минералы, янтарь, скорлупы, жуки и т. д.

Кёнигсберг был столицей Пруссии и местом коронации её королей. В Кёнигсберге родился и постоянно жил Иммануил Кант (1724–1804 (80)), а в городе процветала атмосфера образованности и культуры. Университет в Кёнигсберге был одним из первых, в котором теоретическая физика стала признанной областью знаний. Это было связано с большим влиянием, которое имел Франц Нейман (1798–1895 (97)), организовавший Институт теоретической физики независимо от экспериментального отдела.

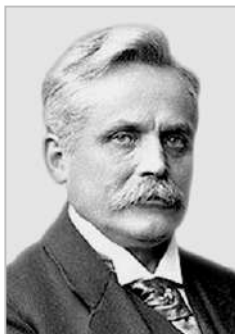
В то время когда Арнольд Зоммерфельд поступил в гимназию, там занимались одновременно Герман Минковский, Макс Вин (1866–1938 (72)) и Вильгельм Вин. А. Зоммерфельд говорил, что *«в гимназии он более интересовался литерату-*



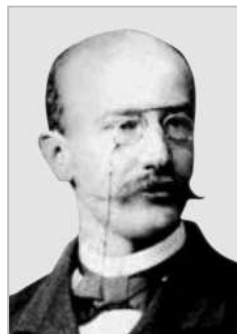
Арнольд Зоммерфельд
в молодости



Герман Минковский
(1864–1909 (45))



Вильгельм Вин
(1864–1928 (64))
Ноб. пр. 1911 (47)



Фердинанд фон
Линдеман
(1852–1939 (87))



Адольф Гурвиц
(1859–1919 (60))



Давид Гильберт
(1862–1943 (81))

рой и историей, чем точными науками», и что он «одинаково успевал по всем предметам, включая и древние языки».

У молодого студента были колебания в выборе дальнейшего пути в науке. А. Зоммерфельд решил изучать математику. Преподавателями на математическом факультете Кёнигсбергского университета в то время были известные математики. Факультет возглавлял Фердинанд Линдеман (1852–1939 (87)), который позднее решил древнюю задачу о квадратуре круга (доказав, что π является трансцендентным числом). Доцентом был Адольф Гурвиц (1859–1919 (60)), а Давид Гильберт (1862–1943 (81)) – приват-доцентом. Влияние этих учёных привело к тому, что А. Зоммерфельд не последовал обычаю, в соответствии с которым немецкие студенты переходили из одного университета в другой во время своего обучения. Знакомство на кафедре физики с Эмилем Вихертом (1861–1928 (67)), который был старше А. Зоммерфельда на 7 лет и стал впоследствии известен своей работой по запаздывающим потенциалам и работами по сейсмологии, способствовало увлечению теоретической физикой. Однако студент А. Зоммерфельд не забывал также посещать и лекции по политической экономии и философии.

Степень доктора философии Арнольд Зоммерфельд получили в Кёнигсберге в 1891 году, защитив диссертацию на тему «Искусственные функции

в математической физике», которую он задумал и написал за несколько недель. Этой области математики в дальнейшем А. Зоммерфельд останется верен всю жизнь. Один из томов его *«Лекций»*, опубликованных в течение последних лет жизни, относится к этой области математики.

А. Зоммерфельд сравнивал свою область занятий, как *«пуститься в плавание по великим морям теоретической физики»*. Его первая статья, написание которой было связано с работами Уильяма Томсона называлась *«Механическое представление электромагнитных явлений в покоящихся телах»*. А. Зоммерфельд модифицировал томсоновскую модель эфира, поменяв местами роли, которые играли в ней электрическая и магнитная силы. Но вскоре он убедился, что такие объяснения уравнений Дж. Максвелла не дают особого выигрыша. Однако эта работа молодого физика привлекла внимание Л. Больцмана.

В 1892 году А. Зоммерфельд сдаёт экзамен на право преподавания, а затем в течение года отбывает воинскую повинность. В октябре 1893 года он едет в Гёттинген – центр немецкой математической науки. С 1893 года А. Зоммерфельд работает ассистентом в Минералогическом институте, а с 1894 года – в Математическом институте ассистентом Феликса Клейна (1849–1925 (76)), которого он считал своим истинным учителем не только в области чистой математики, но и с точки зрения отношения к механике и математической физике. *«Исключительным было*

впечатление, которое я получил, – писал А. Зоммерфельд, – во время слушания лекций и дискуссий от той великой индивидуальности, которая характерна для Феликса Клейна». Макс Борн писал об этом высказывании Арнольда Зоммерфельда: *«Я могу хорошо понять чувство преданности и благодарности, которое вызывал Клейн, поскольку я сам подпал под его влияние примерно через 11 лет, в то время когда волшебная сила Клейна как учителя достигла, вероятно, расцвета... Нет ничего удивительного в том, что Зоммерфельд оказался под обаянием Клейна»*.

В обязанности помощника Ф. Клейна по математическому залу его знаменитой библиотеки входила и обработка лекций Ф. Клейна, и изготовление их рукописи, которую студенты могли бы использовать для занятий в читальном зале. Это дало возможность А. Зоммерфельду глубоко понять характерный для Ф. Клейна метод чтения лекций. Как резюмировал М. Борн, *«это оказало решающее влияние в будущем на него, как на учителя»*.



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))



Феликс Клейн
(1849–1925 (76))



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)

Диссертация Арнольда Зоммерфельда *«Математическая теория дифракции»* была как раз результатом влияния Феликса Клейна, который, как писал Макс Борн, **«концентрировал внимание на проблемах математической физики и старался передать своё отношение к этим проблемам»**. После защиты в 1896 году А. Зоммерфельд стал приват-доцентом.

Арнольд Зоммерфельд начал читать лекции студентам, чем он занимался с большим интересом и энтузиазмом. Лекции охватывали обширную область математики, включая теорию вероятностей и уравнения в частных производных математической физики. После лекций Ф. Клейна 1895–1896 годов по теории волчка оба учёных занялись написанием книги одноимённого названия. Плодотворное сотрудничество Ф. Клейна и А. Зоммерфельда в течение длительного времени написания четырёх томов этой книги позволило А. Зоммерфельду почувствовать, как писал М. Борн, **«изменение в отношении к механике в целом»**. Первые два тома выявляли и описывали математическую сторону проблемы, а в третьем и четвёртом (закончен в 1910 году, когда А. Зоммерфельд работал уже в Мюнхене) были изложены применения к геофизике, астрономии и технике. Следует заметить, что такой порядок изложения, характерный, в первую очередь, для Ф. Клейна, который, по замечаниям М. Борна, **«стремился обогатить немецкую технику за счёт представления математических методов, изложенных на ясном и простом языке»**, привлёк и А. Зоммерфельда, который **«сделался одним из главных поборников этой точки зрения»**, как замечал М. Борн.

В дальнейшем вся работа А. Зоммерфельда всегда была направлена от чистой физики к прикладной математике и экспериментальной науке. Был момент, когда В. Фойгт предложил А. Зоммерфельду работу ассистентом в своей лаборатории. Молодой физик отклонил это предложение, хотя и не без сожаления. Впоследствии А. Зоммерфельд убедился, что был прав и что правильно использовал свой талант в области теоретической физики.

В 1897 году А. Зоммерфельд получил предложение из Горной академии в Клаустале, в горах Граца, и стал там профессором математики. Он читал лекции в основном по элементарной математике, опубликовал статью по теории дифракции рентгеновских лучей и стал редактором 5-го (физического) тома *«Математической энциклопедии»*, основанной и руководимой Ф. Клейном.

В 1900 году А. Зоммерфельд получил и принял предложение занять кафедру теоретической механики в Высшей технической школе в Аахене, где он проработал до 1906 года и был вынужден заниматься техническими задачами. Сначала его новые коллеги и студенты относились к нему недоверчи-

во, как к математику. Однако вскоре А. Зоммерфельд завоевал признание, был избран членом технического общества, к нему стали обращаться за консультациями как к эксперту. В это время А. Зоммерфельд опубликовал ряд статей по инженерным задачам. Из них можно назвать работу по динамическим аспектам прочности материалов, по колебаниям в динамо-машинах, по действию вагонных тормозов. Даже была работа, посвящённая гидродинамической теории смазки, в которой было проведено сравнение теории с результатами новых наблюдений. Как полагал Макс Борн, А. Зоммерфельд ***«испытывал радость от этих свидетельств того, что математическая физика получила приложение к объектам, которые прежде считались недоступными для исследования с помощью точных рассуждений»***.

Конечно, отвлечения на технические задачи не могли глубоко заинтересовать физика А. Зоммерфельда. Он обратил своё внимание на электродинамику, а потом перешёл к более фундаментальной и очень актуальной проблеме — проблеме динамики электрона. Х. Лорентцом была уже создана теория электромагнитного поля и теория электрона, которые базировались на предположении о покоящемся эфире, выборе абсолютной системы отсчёта и существовании электрических и магнитных возмущений, описываемых уравнениями Максвелла для поля в пустом пространстве. При этом электроны считались твёрдыми сферами, несущими на себе фиксированное распределение электрического заряда. Проблема состояла в получении уравнений движения для такого электрона, находящегося как в собственном, так и в заданном внешнем поле. В этой модели Дж. Дж. Томсон показал, что можно получить возрастание инерции электрона, а М. Абрагам усовершенствовал эту модель. После этого к задаче приступил А. Зоммерфельд. Он опубликовал в трёх обширных статьях, используя метод преобразования Фурье, формулу для поля произвольно движущегося электрона, выражение для результирующих сил и импульса, получив при этом не только формулу для массы электрона в квазистационарном состоянии движения, но и выражения, справедливые для случая движения с произвольным ускорением, причём был даже обсуждён случай, когда скорость движения превосходит скорость света.

Но ... как раз в 1905 году, когда А. Зоммерфельд закончил свои три важные работы, стало ясно, что не существует частиц, которые могли бы двигаться



*Хендрик Лорентц
(1853–1928 (75))
Ноб. пр. 1902 (49)*



*Джозеф Джон Томсон
(1856–1940 (84))
Ноб. пр. 1906 (50)*



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)



Питер Дебай
(1884–1966 (82))
Ноб. пр., хим. 1936 (52)

со скоростью, большей скорости света. Появились работы А. Эйнштейна. Ситуация была очень сложная и в математическом, и в человеческом отношении, когда нужно было отказаться от результатов работ, в которые был вложен немалый труд. В таком же положении оказались Х. Лорентц и М. Абрагам. Но А. Зоммерфельд, как писал М. Борн, *«сжёг за собой мосты и стал убеждённым релятивистом»*. Продолжая, М. Борн сообщал: *«Однако забавно отметить, что как раз та часть работы Зоммерфельда, которая относилась к электронам, движущимся со скоростью, превышающей скорость света, и которая, как это казалось, была обречена на гибель теорией относительности, позднее была воскрешена. Произошло это потому, что она могла быть приложена – с некоторыми модификациями – к случаю электрона, движущегося в материальной среде, когда скорость света в среде оказывается меньше скорости электрона. В 1934 г. П. А. Черенков открыл это явление, которое, грубо говоря, соответствовало конической ударной волне, предсказанной Зоммерфельдом. В 5-м томе лекций Зоммерфельда, посвящённом оптике, им дан очень изящный вывод теории эффекта Черенкова»*.

В 1906 году А. Зоммерфельд был приглашён занять кафедру теоретической физики в Мюнхене, основанную ранее Л. Больцманом. Он принял это приглашение и взял с собой в Мюнхен своего ассистента Питера Дебая (1884–1966 (82); Ноб. пр., хим. 1936 (52)) – первого в длинном ряду его блестящих учеников и сотрудников. Через некоторое время А. Зоммерфельд организовал Институт теоретической физики. Впоследствии А. Зоммерфельд мог неоднократно поменять Мюнхен на другие города, но он отклонял все поступающие предложения, в том числе из Вены в 1916 году и из Берлина в 1927 году, где он мог занять кафедру в качестве преемника Макса Планка. Но Арнольд Зоммерфельд чувствовал себя в Мюнхене на нужном месте: он мог читать лекции по многим областям теоретической физики, включая и ещё обсуждаемые в науке вопросы. Лекции, семинары и коллоквиумы А. Зоммерфельда привлекали студентов и молодых исследователей издалека и сделали Мюнхен центром теоретической физики фактически до выхода А. Зоммерфельда в отставку, хотя он продолжал читать лекции до 1938 года.

Чтобы попробовать почувствовать дух школы А. Зоммерфельда, обратимся к Макс Борну, который в 1928 году в статье «Зоммерфельд – основатель школы» написал к 60-летию Арнольда Зоммерфельда: *«Между учителем и учеником не возникнет той связи, которая в гораздо меньшей степени заключается в передаче знания и умения, чем в усвоении стиля исследования и представления его результатов».*

К сожалению, мне не пришлось видеть собственными глазами, каким образом Зоммерфельду удавалось с уверенностью отыскивать таланты среди большого числа слушателей и участников семинаров, но, будучи знакомым со многими его публикациями и особенно с его знаменитой книгой „Строение атома и атомные спектры“, можно „теоретически“ воссоздать свойства, присущие его методам обучения.

Это прежде всего прозрачная, как стекло, ясность. Сначала идёт описание опытных фактов. Затем следует простое обобщение, необходимое для теоретического подхода, внезапно представляющего в виде математической задачи. Наконец, проводится расчёт, который можно определить таким принципом: „Математика всегда сама себя понимает“. И когда в итоге дедукции достигается новый результат, то в душе ученика возникает целая буря чувств, включающих в себя открытие важности найденного, высказанное простыми и всё же вдохновенными словами, и выражение радости и гордости от того, что у природы удалось вырвать ещё один „квантик“ истины».

Макс Борн подчёркивал: *«Школа Зоммерфельда была исключительно плодотворной, и из неё вышли учёные чрезвычайно высокого класса. Список открывает Питер Дебай (Ноб. пр., хим. 1936), который был ассистентом Зоммерфельда в Аахене и переехал с ним вместе в Мюнхен. Особо замечательными были 1920–1922 гг., когда на сцену вышли Вернер Гейзенберг (Ноб. пр. 1932) и Вольфганг Паули (Ноб. пр. 1945). Каждый из них был вундеркиндом, уже на первых порах выступившим во всеоружии эрудиции, которая приобретается лишь по прохождении полного курса обучения».*

М. Борн продолжал: *«Конечно же, не случайно Мюнхен является научной родиной всё новых и новых самых выдающихся юношей. В чём же заключена тайна этого? В том, что любовь к науке здесь так же глубоко-*



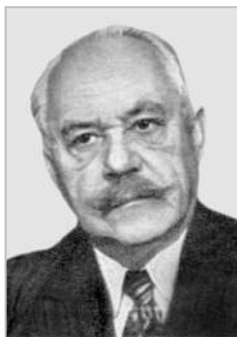
Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)



Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)

ка, как и радость её прославления. И собственно в этом нет ничего таинственного. Тайна вообще не имеет ничего общего с Зоммерфельдом. Хотя он и говорит при случае ... о числовой мистике в спектральных законах, но он имеет в виду при этом по существу не философские дебри, а лишь констатирует, что до сих пор мы ещё не постигли сути этих законов».

Ещё раз к воспоминаниям М. Борна: «Теоретическая физика – наука, которая привлекает самых молодых людей философского склада ума, любящих рассуждать о высоких материях без достаточных к тому оснований. Это был как раз тот тип начинающих, о которых Зоммерфельд знал, как держать его в руках, помогая ему шаг за шагом преодолевать пробелы в действительном знании и обучая искусству плодотворной исследовательской работы.



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))

Его методом были личные наставления, подобные системе обучения в старых английских университетах, когда студентов прикрепляют к определённым консультантам, однако он действовал менее методично и формально. Он обладал редкой способностью уделять время своим ученикам, несмотря на все свои обязанности и научную работу. Часто перед или после коллоквиума его можно было видеть в Хофгартен-кафе, обсуждающим физические проблемы с кем-нибудь из сотрудников и покрывающим формулами мраморный столик. Говорят, что некий интеграл в один из таких дней не поддавался никаким попыткам взять его, и следы попыток его

вычисления, так и незавершённого, остались на столе. На следующий день Зоммерфельд, вернувшись к тому же самому столику, обнаружил законченное решение этой задачи, очевидно, найденное каким-то другим математиком, у которого было больше свободного времени, когда он зашёл в кафе, чтобы выпить чашку кофе».

Научные интересы А. Зоммерфельда и его работы охватывали многие разделы физики: распространение волн в беспроводной телеграфии, приложение векторного анализа к геометрической оптике, распределение интенсивности рентгеновских и γ -лучей (влияние К. Рёнтгена, который в это время руководил кафедрой экспериментальной физики), дискуссия о природе рентгеновских лучей. В 1912 году А. Зоммерфельд на основе кривых интенсивности рентгеновского излучения, полученных на только что изобретённом микрофотометре Коха, «сделал вывод о конечном значении длины волны излучения или, более точно, о конечной ширине аperiодического нарушения или ударных волн».

Первое крупное открытие, сделанное в Институте теоретической физики А. Зоммерфельда, относится к 1912 году. В продолжение своей работы А. Зоммерфельд предложил своему ученику П. Эвальду в качестве темы для докторской диссертации исследование поведения электромагнитных волн (с длиной волны в оптическом диапазоне) в атомной решётке (кристалле). Теоретические соображения, которые были у А. Зоммерфельда, позволяли предположить, что длина волны рентгеновских лучей должна составлять 10^{-9} см и что их надо трактовать как электромагнитные волны. У Макса Лауэ, который был в это время приват-доцентом в институте А. Зоммерфельда, в результате дискуссии с П. Эвальдом возникла идея, что рентгеновские лучи должны проявлять дифракционные свойства в процессе прохождения через кристалл. Молодые люди, к которым присоединились ассистент В. Фридрих и студент П. Книппинг, провели серию экспериментов с большей экспозицией, чем это делал сам К. Рёнтген и другие физики до них. Новый фундаментальный результат был получен: доказано кристаллическое строение и определена волновая электромагнитная природа рентгеновских лучей. После первых, не очень ещё качественных результатов, А. Зоммерфельд полагал, что тепловые колебания атомов в кристаллической решётке исследованных веществ не позволят выявить явление дифракции рентгеновских лучей, но полученные далее данные показали блестящее подтверждение идеи Макса Лауэ. Сам А. Зоммерфельд сразу же понял фундаментальные значения результатов проведённых в его институте экспериментов и, как писал М. Борн, **«всегда по праву гордился, что это открытие вышло из стен его института»**.

В 1911 году появилась первая статья А. Зоммерфельда, посвящённая квантовой теории – предмету, который стал основным для всей его будущей работы. М. Планк по этому поводу писал: **«Зоммерфельд проникает в самое ядро современной теории сравнительно поздно, но всё же ещё в период, когда она характеризовалась чрезвычайной противоречивостью...»**



*Макс Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)*



*Вальтер Фридрих
(1883–1968 (85))*



*Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)*

Его талант заключался не столько в предсказании новых фундаментальных принципов, отличающихся от явно несущественных, не в смелом комбинировании двух различных сторон какого-либо явления, поднимая его на более высокую ступень, но в логически и математически углублённом обосновании проблематичных теорий и выводе заключений, которые могли бы привести к их подтверждению или отклонению. Также справедливо и то, что в свой более поздний „спектроскопический“ период деятельности он проявил свой талант в предсказании и расчёте.

Работы А. Зоммерфельда 1915 года хорошо поясняли открывающиеся квантовые закономерности, связанные с квантовыми числами и поведением этих квантовых чисел в разных условиях существования и взаимодействий атомов. Ему удалось объяснить многие спектроскопические зависимости и эффекты. Например, введённое А. Зоммерфельдом второе квантовое число, названное азимутальным, имело большое значение. Им введена постоянная тонкой структуры $\alpha = 1/137$, которая ясно показывает тесное соотношение между элементарным зарядом и квантом. Для этого соотношения современная теория не может предложить объяснения. Таким образом, писал М. Борн **«открытие величины α представляет собой одно из фундаментальных для будущей физики»**.

В 1920 году для объяснения открытых Иоганнесом Робертом Ридбергом (1854–1919 (65)) дублетов и триплетов А. Зоммерфельд ввёл новое квантовое число, назвав его внутренним. Но это было неудачным подходом. В боровской модели атома не находилось места ещё для одного квантового числа. Но Джордж Юджин Уленбек (1900–1988 (88)) и Сэмюэль Абрахам Гаудсмит (1902–1978 (76)) выдвинули предположение о **«вращающемся»** электроны, который имел дополнительную свободу – спин. И квантовое число А. Зоммерфельда оказалось при этом полным угловым моментом (суммой спинового и орбитального), однако не имеющим ничего общего с **«внутренним»**.



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))

Указанная серия статей сразу же сделала А. Зоммерфельда ведущим теоретиком-спектроскопистом, который внёс своими работами порядок и смысл в существующий хаос. Все достижения по спектральному анализу были объединены А. Зоммерфельдом в его знаменитой книге **«Строение атомов и спектральные линии»**. Шесть её изданий отражают всё развитие в этой области физики от 1916 до 1946 годов. С третьего издания сделан английский перевод, и книга вышла в США и повсюду была принята в качестве учебника. В 1929 году появился том **«Волновая механика»**, который в 1939 году был расширен и выпущен в качестве второго тома этой книги.

В заметке 1952 года М. Борн высказал свою точку зрения на фундаментальные достижения А. Зоммерфельда в науке, написав, что все математические работы А. Зоммерфельда по квантовой теории атома *«были собраны в дополнительном томе его книги „Строение атомов“, которая впервые вышла в виде тоненькой книжки, но была затем расширена в большой учебник. Эти два тома зоммерфельдовского „Atombau“ сыграли, вероятно, большую роль, чем любая иная книга в процессе ознакомления физиков с новыми методами. Они содержат блестящую сводку физических фактов и их математическую интерпретацию, но мало касаются фундаментальных ... вопросов, относящихся к квантовой механике. Этот аспект вопроса выпадал из зоммерфельдовского рассмотрения».*



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)

Далее Макс Борн продолжал: *«Создаётся впечатление, что Зоммерфельд, погружённый в экспериментальные факты и их интерпретацию в терминах квантовых чисел, как будто не был встревожен противоречиями и недостатками, возникающими в ходе развития квантовой теории. Он не принимал участия в их преодолении, но, когда возникла квантовая механика, он воспринял её с энтузиазмом. Это была, конечно, шрёдингеровская форма новой теории с её волновым уравнением и проблемами собственных значений, которая его больше всего привлекала, поскольку она в точности соответствовала тем исследованиям в области уравнений в частных производных, которые интересовали его ещё со времён его ранних математических исследований. Он усвоил новые методы и приложил своё исключительное математическое мастерство к решению многих задач».*

Здесь следует заметить, что сам Макс Борн получил Нобелевскую премию только в 1954 году в возрасте 72 лет *«за фундаментальные исследования в квантовой механике, особенно за его статистическую интерпретацию волновой функции»* (причём совместно с Вальтером Боте, удостоенным премии *«за метод совпадений и сделанные с его помощью открытия»*). М. Борн предложил и развил эти свои работы ещё в 1930-е годы, но очень многие крупные физики не спешили с ним согласиться. Арнольд Зоммерфельд Нобелевской премии не получил вовсе.

Лекции, семинары и коллоквиумы Арнольда Зоммерфельда привлекали студентов и молодых исследователей издалека и сделали Мюнхен центром теоретической физики.

Обратимся снова к статье Макса Борна *«Зоммерфельд – основатель школы»*: *«Всё же обучение – это воздействие одного человека на друго-*



Питер Дебай
(1884–1966 (82))
Ноб. пр., хим. 1936 (52)



Ханс Бете
(1906–2005 (99))
Ноб. пр. 1967 (61)



Вальтер Коссель
(1888–1956 (68))

го, и если даже на мою долю не выпало удовольствие испытать на себе это воздействие со стороны Зоммерфельда-учителя, то я достаточно часто бывал очарован его докладами и его искусством вести научные споры, а также наблюдал за становлением и ростом столь многих его учеников, что поэтому я могу сказать несколько слов об этом волшебнике, владеющем талантом открывать и создавать физиков. Выявление и воспитание одарённых физиков – двумя этими способностями Зоммерфельд обладает в чрезвычайной мере».

У Арнольда Зоммерфельда было много сотрудников и учеников:

– Макс Лауэ (1879–1960 (81)) – сотрудник Института теоретической физики (Ноб. пр. 1914 (35)) «за открытие дифракции рентгеновских лучей на кристаллах»;

– Питер Дебай (1884–1966 (82); Ноб. пр., хим. 1936 (52)) «за вклад в наше понимание молекулярной структуры в ходе исследований дипольных явлений и дифракции рентгеновских лучей и электронов в газах»;

– Вернер Гейзенберг (1901–1976 (75); Ноб. пр. 1932 (31)) «за создание квантовой механики, применение которой привело, помимо прочего, к открытию аллотропических форм водорода»;

– Вольфганг Паули (1900–1958 (58); Ноб. пр. 1945 (45)) «за открытие принципа запрета, который называют также принципом Паули»;

– Ханс Бете (1906–2005 (99); Ноб. пр. 1967 (61)) «за вклад в теорию ядерных реакций, особенно за открытия, касающиеся источников энергии звезд»;

– Грегор Вентцель (1898–1978 (80)) (теория атомных спектров, метод нахождения приближённых собственных значений и собственных функций одномерного уравнения Шрёдингера (метод БВК – Бриллюэна–Вентцеля–Крамерса));

– Вальтер Коссель (1888–1956 (68)) (спектроскопический характер смещения, интерференция характеристических рентгеновских лучей (эффект Косселя));

– Герберт Фрёлих (теория ударной ионизации Фрёлиха, теория рассеяния электронов и дырок на оптических колебаниях решётки, модель

Фрёлиха теории сверхпроводимости (независимо от Дж. Бардина), основанная на рассмотрении электронно-фононного взаимодействия);

– Пауль Эвальд (*теория поляризации диэлектрических кристаллов и динамическая теория интерференции рентгеновских лучей, метод вычисления постоянной Маделунга (метод Эвальда)*);

– Леон Бриллюэн (*«зоны Бриллюэна», метод БВК, основы зонной теории твёрдых тел (вместе с Ф. Блохом)*);

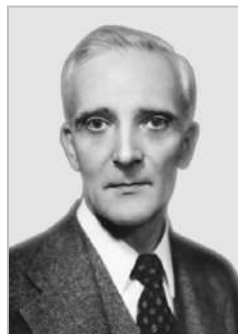
– Альфред Ланде, Отто Лапорт, Фриц Лондон, Вальтер Гайтлер, Рудольф Пайерлс, Эдвард Кондон.

В общей сложности Арнольд Зоммерфельд был учителем более чем 15 крупнейших физиков XX века, из которых четверо стали лауреатами Нобелевской премии. Большинство известных физиков, учеников А. Зоммерфельда, работали потом в США.

Макс Борн, анализируя успехи Арнольда Зоммерфельда как учителя, писал: **«Если обратиться к видимым результатам учебной деятельности Зоммерфельда, мы найдём, если только я не просчитался, что десять профессоров теоретической физики в высших учебных заведениях с преподаванием на немецком языке являются его прямыми учениками. А как много ассистентов, учителей средней школы, работников индустрии распространяют и применяют в своей работе всё то, чему они научились у Зоммерфельда, – этого вообще не установить».**

В процессе обучения молодых учеников у Арнольда Зоммерфельда большую роль играли его приглашения присоединиться к нему на лыжных прогулках. Они происходили в Зудельфельде, в двух часах езды на поезде от Мюнхена, где был небольшой лыжный домик. Вечерами после простого ужина беседа после обсуждения погоды и снега непременно переходила в сторону математической физики. Для студентов это и было тем случаем, когда можно было узнать глубокие научные размышления своего профессора.

А. Зоммерфельд побывал во многих странах с лекциями и докладами. Так, в 1922–1923 годах он был в США в Мэдисоне (штат Висконсин), в 1926 году посетил Англию, где читал лекции в Оксфорде, Кембридже, Эдинбурге и Манчестере. В 1928–1929 годах А. Зоммерфельд совершил большое морское путешествие: он читал лекции в Пасадене (Калифорния),



Леон Бриллюэн
(1889–1969 (80))



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))

в городах Японии и Индии. Затем он побывал в Венгрии, России (в Одессе в 1930 году на I-м Всероссийском съезде физиков), Франции, Италии и снова в США (в Чикаго).

Профессор А. Зоммерфельд получил множество медалей, почётных степеней и был почётным членом многих академий и научных обществ во многих странах Европы, Азии и Америки. Американская ассоциация учителей физики наградила его медалью Эрстеда – в знак признания его исключительного вклада в развитие науки и преподавание физики.

Старость А. Зоммерфельда была омрачена политической катастрофой в Германии. Он с мрачным предчувствием наблюдал нарастающий фанатизм националистически настроенных студентов. В 1935 году, по достижении 67-летнего возраста, профессор А. Зоммерфельд должен был по закону выйти в отставку. Однако на его место не смогли подобрать преемника и А. Зоммерфельда попросили продолжить преподавательскую деятельность. В 1940 году он был заменён нацистом, которого он сам назвал *«самым худшим из возможных преемников»*. Его замечательной школе физиков пришёл конец. Но, как писал М. Борн, *«он сохранил самообладание, не обнаружив даже следа горечи, хотя ему запретили посещать его собственный институт»*. После войны этот нацист исчез и был приглашён достойный преемник.

В течение последних лет своей жизни А. Зоммерфельд собрал записи своих лекций в курс из шести книг, названный им *«Лекции по теоретической физике»*, и готовил его к печати. Во время работы над пятым томом курса, относящимся к теории тепла, на 83-м году жизни Зоммерфельд попал в уличную катастрофу и после нескольких операций скончался 26 апреля 1951 года.

Макс БОРН

(1882–1970 (88); Ноб. пр. 1954 (72))



Макс Борн в юности

Макс Борн родился 11 декабря 1882 года в Бреслау (ныне Вроцлав, Польша), столице прусской провинции Силезии. Его отец был профессором анатомии и физиологии медицинского факультета университета, но больше всего интересовался исследованиями в области эмбриологии и механизмами эволюции. Мать была дочерью фабриканта. Макс рос в атмосфере глубоких научных интересов. Ещё в детстве ему разрешили присутствовать на дискуссиях отца с его друзьями-учёными, неко-

торые из которых приобрели позднее известность, например, Пауль Эрлих (1854–1915 (61)), получивший в 1908 году (54) вместе с И. И. Мечниковым (1845–1916 (71)) Нобелевскую премию за работы по иммунологии; Альберт Нейссер, дерматолог, открывший гонококк и другие микроорганизмы. Мать Макса Борна умерла, когда будущий физик был еще ребёнком, а отец – незадолго до того, как он окончил школу. Макс Борн вспоминал, что в школе его считали «плохим математиком».

Перед своей кончиной отец советовал сыну не сразу выбирать специальность, а посещать сначала лекции в университете по различным дисциплинам и затем через год принять окончательное решение. Макс Борн начал учиться в университете Бреслау в 1901 году.

«Таким образом, – писал в своих воспоминаниях Макс Борн, – я изучал не только математику и другие точные науки, но и философию, историю искусства и иные предметы. Вначале меня больше всего привлекла астрономия. Но обсерватория была плохо оборудована... Скоро мне это надоело. Тогда я сосредоточился на математике и получил в этой области вполне солидную подготовку. Я благодарен профессору Розанесу за его введение в линейную алгебру, научившему меня пользоваться матричным исчислением, которое оказалось весьма ценным инструментом в моих собственных исследованиях».

М. Борн получил в университете первое представление об алгебраическом методе высшей математики, который имеет дело не с отдельными числами, а со множеством чисел и функций одновременно, расположенных в схеме-матрице, состоящей из строк и колонок. В начале XX века матричное исчисление принадлежало пока ещё чистой математике. В естествознании оно не использовалось, поэтому большинству физиков было незнакомо. Здесь дело обстояло так же, как с неевклидовой геометрией Георга Фридриха Римана (1826–1866 (40)), которая интересовала только математиков. Однако в 1915 году, благодаря релятивистскому учению Альберта Эйнштейна о гравитации, геометрия Римана неожиданно получила космологическое значение. Аналогично произошло с матричным исчислением, которое через десять лет, благодаря Макс Борну, приобрело громадное значение для микрофизики.



Фридрих Георг Рيمان
(1826–1866 (40))

О своём студенчестве М. Борн писал в 1955 году: *«В Германии в то время большинство предметов не имело определённой программы, не существовало ни надзора за посещаемостью, ни экзаменов, за исключением выпускных. Каждый студент мог выбирать себе те лекции, которые нравились ему больше всего; он сам отвечал за то, чтобы к выпускным*

экзаменам получить сумму знаний, которая давала бы право заниматься определённой профессией или право на докторскую степень. Таким образом, на первый год я поставил себе довольно смешанную программу, включающую физику, химию, зоологию, философию и логику, математику и астрономию. В школе я никогда не увлекался математикой, но в университете единственными лекциями, которые действительно доставляли мне радость, были лекции по математике и астрономии».

Поскольку, как писал М. Борн, «в ту пору немецкие студенты вели подвижный образ жизни, проводя лето в каком-нибудь небольшом университетском городе, чтобы быть ближе к природе и заниматься спортом, а зиму – в большом городе, где можно посещать театры, концерты, вечеринки, я провёл одно лето в Гейдельберге, прелестном, весёлом городе, через который протекает Неккар, и одно лето в Цюрихе, вблизи Альп».



Джеймс Франк
(1882–1964 (82))
Ноб. пр. 1925 (43)

«Гейдельберг, – писал М. Борн, – не дал мне многого в научном плане, но там я встретился с Дж. Франком, который стал моим близким другом, а позже коллегой по кафедре физики в Гёттингене».

Дж. Франк (Ноб. пр. 1925 (43)), поздравляя Макса Борна с 60-летием, вспоминал об их знакомстве в университете: «Передо мной был молодой человек одного со мной возраста. Но за его плечами было уже два семестра учёбы, в то время как я из-за моей мечтательности вынужден был ещё год заниматься повторением школьного курса. Он знал, чего хотел, был во всех отношениях более зрелым, чем я, и уже считался отличным математиком. Всё это не мешало нам, однако, вскоре стать друзьями. Было ли это следствием того, что он почувствовал во мне такое же стремление к изучению законов природы, которые испытывал сам? Или следствием его ума и доброты, с которыми он наблюдал, слегка забавляясь, но с неподдельным интересом за моими попытками сориентироваться? Или же нас привлекли друг в друге наши различия?»



Адольф Гурвиц
(1859–1919 (60))

В следующем летнем семестре в Цюрихе студента М. Борна увлекли лекции математика Адольфа Гурвица, который за несколько лет до этого был учителем Альберта Эйнштейна и отказал ему в освободившемся месте ассистента. Однако Макс Борн замечал: «В Цюрихе я впервые познакомился с первокурсным математиком Гурвицем, чьи лекции



Феликс Клейн
(1849–1925 (76))



Давид Гильберт
(1862–1943 (81))



Герман Минковский
(1864–1909 (45))

по эллиптическим функциям открыли мне суть современного математического анализа.

В Бреслау студент Макс Борн возвращался на зимние семестры. От двух своих друзей он узнал, что Меккой математиков был Гёттинген и что там жили три пророка: Феликс Клейн, Давид Гильберт и Герман Минковский. И тогда молодой Макс Борн решил туда поехать. Все трое друзей оказались в Гёттингене, и их группа пополнилась четвертым – Рихардом Курантом (1888–1972 (84)), возглавившим позднее известную научную математическую школу Нью-Йоркского университета.

Обучение в Гёттингене стало решающим для развития Макса Борна как будущего ученого. Здесь он посещал в основном лекции Давида Гильберта и Германа Минковского, которые были друзьями ещё со школы в Кёнигсберге. М. Борн вспоминал: *«Гильберт вскоре предложил мне довольно почётную должность приват-доцента, неоплачиваемую, но чрезвычайно ценную тем, что она позволяла видеть и слушать его каждый день. Часто я получал приглашения присоединиться к обоим друзьям во время их продолжительных прогулок по лесу. На меня произвело глубокое впечатление мировоззрение этих двух выдающихся математиков. Я воспринял от них не только самые новейшие математические методы своего времени, но нечто гораздо более важное: критический подход к традиционным институтам об-*



Рихард Курант
(1888–1972 (84))



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)

щества и государства, который я сохранил на всю жизнь. Так, когда об-суждали суд над Галилеем и кто-то обвинил Галилея в том, что он не мог устоять перед своими судьями, Гильберт довольно горячо возразил: „Но он не был идиотом. Только идиот может верить, что научная истина требует мученичества; это, может быть, необходимо в религии, но научные результаты проверяются временем“.

Во времена обучения М. Борна математика включала в себя также и математическую физику. В университете Гёттингена Д. Гильберт и Г. Минковский вели семинар по электродинамике движущихся сред, которая сегодня относится к релятивистской физике. Это было примерно в 1905 году, когда появилась знаменитая статья А. Эйнштейна, хотя в Гёттингене его имя ещё не было известно.



Вольдемар Фойгт
(1850–1919 (69))

М. Борн посещал в Гёттингене лекции по экспериментальной оптике Вольдемара Фойгта, преемником которого по кафедре он стал спустя два десятилетия. *«Это были блестящие лекции, и они послужили солидной основой моих знаний в оптике»*, – писал М. Борн. Спустя годы он, вооружённый этими знаниями, написал учебник по оптике на немецком языке (Берлин, 1933 год), а позже и другой учебник с Е. Вольфом на английском языке (Лондон, 1957 год). При этом учёный резюмировал: *«Это показывает, что для написания полноценной книги нет нужды специализироваться в данной области, необходимо лишь схватить суть предмета и потрудиться в поте лица»*.

В Гёттингене студент Макс Борн закончил своё образование. В январе 1907 года он получил степень доктора философии в Гёттингенском университете за научную работу в области теории упругости, которая по ходатайству Феликса Клейна была отмечена премией философского факультета университета.

В том же году молодой доктор отправился на несколько месяцев в Англию, в Кембридж, *«чтобы узнать что-нибудь об электроны из первоисточника»*. В Кавендишской лаборатории он слушал лекции Дж. Дж. Томсона и Дж. Лармора.

Осенью 1907 года Макс Борн возвратился в свой родной город Бреслау. Он пытался заняться экспериментальными работами, но вот как он сам описывал это: *«Мои попытки учиться экспериментировать у Луммера и Принсгейма были не очень успешными, а после наводнения, происшедшего в моём кабинете по моей же небрежности, они приостановились»*. Надо заметить, что Отто Луммер и Эрнст Принсгейм в 90-х годах XIX века осуществили в Берлине измерения чёрного излучения, что способствовало открытию Максом Планком элементарного кванта действия.

М. Борн обязан был прослужить год в армии. Он был зачислен в кавалерийский полк в Берлине. К военному делу у него было уже сложившееся отрицательное отношение. В это время ему нужно было поправить гранки его призовой диссертационной работы, по одной из задач теории упругости, и он обнаружил, *«что способен самостоятельно вести научную работу, и впервые почувствовал, — как он писал, — себя счастливым от того, что моя теория согласовывалась с данными измерений — одно из самых радостных ощущений, которое я знаю»*. Правку молодой М. Борн делал во время ночных дежурств за неимением письменного стола на гладком крупе своего коня. Через непродолжительное время, после сильного приступа астмы, которой М. Борн страдал с детства, его отправили в госпиталь и вскоре демобилизовали. Однако через год его вновь призвали, но уже в Бреслау. К счастью, начальник медицинской службы был учеником отца Макса Борна и знал о его недуге. В результате будущий физик был снова уволен через несколько недель.

Вновь вернувшись к университетской работе в Бреслау, Макс Борн не нашёл такого же высокого искусства физического эксперимента, как в Гёттингене, и обратился к теории. Еще в Гёттингене он на семинарах Г. Минковского познакомился с представлениями, которые были разработаны Дж. Фитцджеральдом, Х. Лорентцом, А. Пуанкаре и другими теоретиками в электродинамике движущихся тел. Работы А. Эйнштейна были тогда ещё неизвестны. Когда же М. Борн натолкнулся на статью А. Эйнштейна 1905 года о специальной теории относительности и познакомился с идеями Эйнштейна, то воспринял их *«как откровение»*. М. Борн писал об этом: *«Сочетая его идеи с математическими методами Минковского, я нашёл новый прямой способ вычисления электромагнитной собственной энергии (массы) электрона и послал рукопись Минковскому»*. В ответ математик пригласил его приехать, чтобы помочь ему в исследованиях по теории относительности.

Макс Борн приехал в Гёттинген в декабре 1908 года и работал с Германом Минковским всего несколько недель, поскольку в январе 1909 года учёный умер в результате неудачной операции аппендицита в возрасте 44 лет. Надежды молодого человека рухнули. Ему нужно было заняться научным наследием Г. Минковского, завершить и подготовить к печати его незаконченную работу. За статью о релятивистском электроны, для работы над которой его пригласил Г. Минковский, Макс Борн осенью 1909 года получил право преподавания теоретической физики как доцент, а профессор В. Фойгт предложил ему читать курс лекций. Итак, вновь Макс Борн стал обитателем Гёттингена, где встретил своих старых друзей и познакомился с новыми.

В 1909 году на собрании естествоиспытателей в Зальцбурге Макс Борн впервые встретился с Альбертом Эйнштейном, где тот делал доклад о



Герман Минковский
(1864–1909 (45))



Альберт Майкельсон
(1852–1931 (79))
Ноб. пр. 1907 (55)

квантовой гипотезе света, а сам Макс Борн – о динамике электрона в духе принципа относительности. Они оба переписывались до конца жизни.

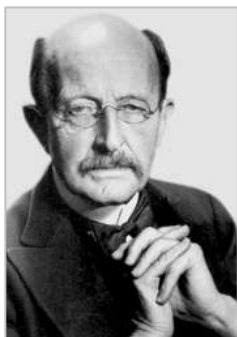
Макс Борн, как он писал, *«стал физиком»*, и в его исследованиях наметились два пути: динамика кристаллических решёток и квантовая теория.

Летом 1912 года приват-доцент Макс Борн отправился в США по приглашению известного физика Альберта Майкельсона, первого американского лауреата Нобелевской премии по физике (1907). В Чикагском университете М. Борн читал лекции по теории относительности.

Вернувшись, Макс Борн приступил к научным исследованиям, как он сам подчёркивал, *«с большой программой: вывести все свойства кристалла из предположения, что частицы решётки могут смещаться под действием внутренних сил»*. Он рассматривал задачу о собственных колебаниях пространственной решётки кристалла. Этому посвящена его первая большая книга *«Динамика кристаллических решёток»*.

Ещё до выхода книги Берлинский университет в 1914 году пригласил молодого физика на должность экстраординарного профессора теоретической физики, чтобы облегчить М. Планку бремя преподавания. Обосновывая приглашение, М. Планк указал на настоятельную необходимость привлечения свежих сил к преподаванию по этой специальности и заявил, что факультет не может предложить никого более достойного, чем д-р Макс Борн.

Макс Планк писал: *«Д-р Борн является ясно мыслящим, знающим, всей душой преданным своей науке и её прогрессу физиком-теоретиком, он обладает также всеми необходимыми для чтения лекций и для общения со студентами качествами. Он столь блистательным образом удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к личности нового экстраординария, что факультет в данном случае очень охотно использует первое назначение на недавно созданную кафедру и предлагает эту единственную кандидатуру»*.



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

Молодая семья Борнов (женился в 1913 году) переехала в Берлин весной 1915 году, и М. Борн начал читать курс лекций.

Макс Борн работал в Берлинском университете с 1915 по 1919 годы. Но, как и большинство его молодых коллег-физиков в военное время, он получил задание военного руководства. Будучи офицером, М. Борн работал при испытательной артиллерийской комиссии в Берлине над созданием метода измерения звука, который должен был позволить опре-

делить место установки пушек противника быстрее и надежнее, чем это было возможно до того. *«После того, как я утвердился в военном ведомстве, — рассказывал М. Борн, — я нашёл время для того, чтобы снова начать научную работу. В моём письменном столе имелось два выдвижных ящика, один был полон бумаг по звукометрии, в области которой я работал вместе с десятком других военн-обязанных физиков, а в другом лежали мои собственные исследования».*

Во время пребывания в Берлине Макс Борн почти ежедневно встречался с Альбертом Эйнштейном, с которым они познакомились в 1909 году в Зальцбурге. Квартира А. Эйнштейна находилась недалеко от места службы М. Борна. Они вместе музицировали, так как М. Борн был блестящим пианистом.

М. Борн записал в своих *«Воспоминаниях об Эйнштейне»*: *«В свой первый визит к нам Эйнштейн принес скрипку, чтобы вместе со мной сыграть сонату. Мою жену, которую он не знал, он приветствовал словами: „Я слышал, что у Вас только что родился ребёнок“. Потом он снял фальшивые манжеты, бросил их в угол и стал наигрывать на скрипке. Его любимым композитором был тогда Гайдн».*

По словам М. Борна, *«общение с Эйнштейном было счастьем, поскольку нельзя было не почувствовать его полной независимости от собственного „Я“».* Макс Борн считал берлинские годы самыми памятными в своей жизни, потому что он был так близок тогда с Альбертом Эйнштейном и Максом Планком.

«В мрачные годы войны, — вспоминал М. Борн, — когда трудно было достать для семьи пропитание, великим утешением была моя дружба с Эйнштейном. Мы виделись очень часто, играли вместе скрипичные сонаты и обсуждали не только научные проблемы, но и политическую и военную обстановку, в чём, кстати, принимала участие моя жена. В эти годы Эйнштейн завершал свою общую теорию относительности и обсуждал её со мной. Величие его концепции произвело на меня столь сильное впечатление, что я решил никогда не работать в этой области».



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)



Макс Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)



*Профессора-физики в Гёттингене в 1923 году:
Макс Рейх, Макс Борн, Джеймс Франк
и Роберт Польт*



*Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)*



*Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)*

В 1919 году Макс фон Лауэ, заведующий кафедрой теоретической физики университета во Франкфурте, написал Максу Планку, своему учителю, что он хотел бы жить и работать возле него, и предлагал обменяться местами с Максом Борном. Поскольку оба университета были согласны, Макс Борн был переведён во Франкфурт, где ему был предоставлен небольшой институт, в котором была и экспериментальная лаборатория. Первым помощником нового директора, приват-доцентом

и ассистентом стал Отто Штерн (1888–1969 (81), Ноб. пр. 1943 (55)), работавший совместно с Вальтером Герлахом, ассистентом Института экспериментальной физики. Именно их исследования, знаменитые опыты с молекулярными пучками, которые подтвердили основной вывод квантовой теории – направленную квантованность атомов в магнитном поле, были самыми известными в лаборатории. За эти опыты Отто Штерн получил Нобелевскую премию в 1943 году, когда он уже работал в США, поскольку должен был эмигрировать из Германии в 1933 году. Макс Борн продолжал исследовать энергетические свойства решёток и вытекающие из них химические следствия.

После двух лет пребывания во Франкфурте, в 1921 году, профессор М. Борн в возрасте 39 лет получил кафедру Вольдемара Фойгта в университете Гёттингена. Несколько позднее ему было предложено принять руководство физическим отделением университета в Гёттингене – как теоретическими, так и экспериментальными работами, – сменив на этом посту Питера Дебая. Макс Борну удалось убедить министра образования Германии разделить институт и пригласить его старого друга Джеймса Франка для руководства экспериментальными работами.

Вскоре научные интересы М. Борна, помимо динамики кристаллических решёток, сосредоточились на квантовой теории. Его сотрудниками стали ученики Арнольда Зоммерфельда Вольфганг Паули (Ноб. пр. 1945) и Вернер Гейзенберг (Ноб. пр. 1932).



Энрико Ферми
(1901–1954 (53))
Ноб. пр. 1938 (37)



Поль Дирак
(1902–1984 (82))
Ноб. пр. 1933 (31)



Роберт Оппенгеймер
(1904–1967 (63))

Это научное сотрудничество дало физике новую квантовую механику. Как вспоминал Макс Борн, **«моя статистическая интерпретация Ψ -функции была только первым шагом в нашем понимании взаимоотношений частиц и волн в атомной физике»**. Несмотря на то, что большинство физиков приняли статистическую интерпретацию квантовой теории, всегда были учёные, которые не разделяли её, и среди них такие выдающиеся физики, как Макс Планк (*создатель основ квантовой физики*, Ноб. пр. 1918), Альберт Эйнштейн (Ноб. пр. 1921 за квантовое объяснение фотоэффекта), Луи де Бройль (Ноб. пр. 1929) и Эрвин Шрёдингер (Ноб. пр. 1933), внесший грандиозный вклад в основание квантовой механики своим волновым уравнением. По-видимому, всем этим можно объяснить, почему Макс Борн был удостоен Нобелевской премии по физике только в 1954 году за фундаментальные исследования в квантовой механике, особенно за его статистическую интерпретацию волновой функции.

За 12 лет работы в Гёттингене – прославленном центре физики и математики – Макс Борн создал большую школу теоретической физики с интернациональным коллективом учеников и сотрудников. К ней принадлежали великие физики XX века: Энрико Ферми (Ноб. пр. 1938), Поль Дирак (Ноб. пр. 1933), Роберт Оппенгеймер (*создатель атомной бомбы*), Мария Гепперт-Майер (1906–1972 (66); Ноб. пр. 1963 (57)), Эдвард Теллер



Мария Гепперт-Майер
(1906–1972 (66))
Ноб. пр. 1963 (57)



Эдвард Теллер
(1908–2003 (95))



Юджин Вигнер
(1902–1995 (93))
Ноб. пр. 1963 (61)



Лайнус Полинг
(1901–1994 (93))
Ноб. пр., хим. 1954 (53)
Ноб. пр. мира 1962 (61)



Вальтер Гайтлер
(1904–1981 (77))



Виктор Вайскопф
(1908–2002 (94))



Леон Розенфельд
(1904–1974 (70))

(1908–2003 (95)) (создатель водородной бомбы), Юджин Вигнер (Ноб. пр. 1963), Лайнус Полинг (Ноб. пр., хим. 1954), Вальтер Гайтлер, Виктор Вайскопф, Леон Розенфельд (1904–1974 (70)), Джордж Гамов (1904–1968 (64)) и другие знаменитые учёные. Вместе с ним или под его руководством работали советские физики В. А. Фок (академик), И. Е. Тамм (Ноб. пр. 1958, академик), Я. И. Френкель (чл.-кор. АН СССР). Его институт в Гёттингене посещали академики А. Ф. Иоффе и П. Л. Капица (Ноб. пр. 1978).

Именно благодаря деятельности Макса Борна маленький университетский городок, являвшийся цитаделью математики в 20-х годах XX века, стал мировым центром исследований по проблемам физики атома.

Около 1925 года школа Макса Борна в Гёттингене решительно заявила о себе и вмешалась в развитие квантовой физики. В 1924 году именно М. Борн употребил в одной из своих статей выражение «**квантовая механика**» и ввёл его тем самым в физическую литературу. В этот период особенно сильным было влияние Нильса Бора на становление физики атома. В 1925–1927 годах физики-теоретики в Гёттингене разработали основы статистической физики атома.

Исторически исходным пунктом статистического подхода в квантовых процессах была работа В. Гейзенберга «О квантово-теоретическом толковании кинематических и механических связей». Вот как сам



Георгий Гамов
(1904–1968 (64))



Владимир Александрович
Фок
(1898–1974 (76))



Игорь Евгеньевич Тамм
(1895–1971 (76))
Ноб. пр. 1958 (63)

М. Борн писал об этом: *«Летом 1925 года Гейзенберг дал мне рукопись своей фундаментальной работы, в которой он сделал расчёты переходных амплитуд. Работа произвела на меня глубокое впечатление, и я послал её в физический журнал. Несколько недель спустя я заметил, что методы расчёта Гейзенберга совпадают с матричным исчислением, которое я изучал у Розанса в Бреслау»*. Итак, хотя направляющая идея матричной механики принадлежит В. Гейзенбергу, что всегда подчёркивал и сам М. Борн, однако математическое оформление этой идеи и её развитие в законченную теорию — это заслуга М. Борна.

Почти в то же время в Англии, в Кембридже, Полем Дираком также под влиянием Вернера Гейзенберга был развит подобный же вид квантовой механики. Наконец, Эрвин Шрёдингер, исходя из совершенно иной точки зрения, создал в Цюрихе свою волновую механику, которая вскоре была признана равноценной в математическом отношении гёттингенской и кембриджской формам.

Норберт Винер, основоположник кибернетики, учившийся некоторое время в Гёттингене, писал в автобиографии о тех годах: *«Главную роль в создании и первоначальном развитии квантовой механики в Гёттингене сыграли Макс Борн и Вернер Гейзенберг. Макс Борн (р. 1882) был гораздо старше Гейзенберга (р. 1901), но, хотя в основе новой те-*



Яков Ильич Френкель
(1894–1952 (58))



Норберт Винер
(1894–1964 (70))



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)

ории, несомненно, лежали его идеи, честь создания квантовой механики как самостоятельного раздела науки принадлежит его более молодому коллеге... Спокойный, мягкий человек, музыкант в душе, Борн больше всего на свете любил играть с женой на двух роялях».

Зимой 1925–1926 годов Макс Борн читал лекции по теории кристаллов и квантовой механике в Массачусетском технологическом институте в США. Во время пребывания в Америке М. Борн и Н. Винер вместе написали работу о формулировании квантовых законов для периодических и непериодических процессов. Н. Винер тогда написал о М. Борне: *«Это был самый скромный учёный, которого я знал».*



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

Статистическая квантовая механика, которая совершенно отказывается от наглядных представлений с использованием моделей и оперирует только вероятностями, натолкнулась на резкие возражения многих физиков. Альберт Эйнштейн, который осенью 1927 года на Сольвеевском конгрессе в Брюсселе начал дискуссию с Нильсом Бором и Вернером Гейзенбергом, уже в декабре писал Максу Борну: *«Квантовая механика – теория, внушающая большое уважение. Но внутренний голос говорит мне, что это ещё не то, что нужно. Эта теория даёт много, но едва ли она подвела нас ближе к тайне старца (Бога. – Ю. В. Трушин). Во всяком случае, я убеждён, что тот не играет в кости».*



Эрвин Шрёдингер
(1887–1961 (74))
Ноб. пр. 1933 (46)

Этой отрицательной позиции по отношению к статистической квантовой теории А. Эйнштейн придерживался до конца своей жизни. Он считал, что статистическая квантовая механика даёт лишь незаконченное описание процессов, происходящих в атоме, и что в будущем неизбежен возврат к давно зарекомендовавшему себя образу мышления. Сердечная дружба, которая связывала Макса Борна и Альберта Эйнштейна и которая, как в зеркале, отражается в их объёмистой переписке, не страдала от такого различия во взглядах.

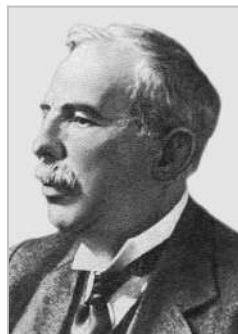
Дружеская привязанность Макса Борна и Эрвина Шрёдингера также не ослабевала от того, что Э. Шрёдингер выступал против статистическо-

го понимания квантовых законов. Э. Шрёдингер в письмах к М. Борну в свойственной ему манере ополчился против *«наглости»*, с которой М. Борн отваживался утверждать, что копенгагенское толкование является общепризнанным. Э. Шрёдингер писал: *«Он должен знать, что, например, Планк, Эйнштейн, Лауэ, де Бройль и я были не удовлетворены такой трактовкой»*.

Макс Борн так описывал период своей деятельности в Гёттингене: *«Это было волнующее время. Кроме официального коллоквиума мы по вечерам проводили у меня в доме частные дискуссии. Мне было очень трудно поспевать за молодёжью. Я переутомился, и это привело к нервному заболеванию (1928), которое вынудило меня прервать преподавание и исследовательскую работу на год и начать двигаться вперёд более медленно»*.

Относительно мирные 1920-е годы подходили к концу. В Америке в 1929 году разразился кризис, а позднее в Германии власть захватили фашисты. После того как Гитлер стал рейхсканцлером, рядовые жители страны поняли, что надежды нет. Вскоре Макс Борн нашёл свое имя в газетах в списке уволенных по расовым мотивам и в апреле 1933 года был отстранен от руководства своим институтом в Гёттингенском университете. Закончился блестящий период физической школы Макса Борна в Гёттингене. Его учебник по оптике, вышедший в 1933 году, был запрещён. Э. Шрёдингер посоветовал М. Борну уехать за границу, и в мае Макс Борн с семьей, включая родителей, покинули фашистский рейх. Они перебрались в итальянский южный Тироль. Вскоре М. Борн стал получать приглашения на работу из разных стран. Принял он предложение Э. Резерфорда, переданное ему на съезде в Цюрихе английским физиком-ядерщиком П. Блэккетом (1897–1974 (77), *Ноб. пр.* 1948 (51)), поскольку он знал язык и страну. Многие родственники и друзья М. Борна были замучены в концентрационных лагерях или покончили с собой.

В Кембридже Макс Борн оказался в Кавендишской лаборатории в блестящем коллективе физиков рядом с Эрнестом Резерфордом (*Ноб. пр., хим.* 1908), Чарльзом Томсоном Вильсоном (*Ноб. пр.* 1927



Эрнест Резерфорд
(1871–1937 (66))
Ноб. пр., хим. 1908 (37)



Патрик Блэккетт
(1897–1974 (77))
Ноб. пр. 1948 (51)



Чарльз Вильсон
(1869–1959 (90))
Ноб. пр. 1927 (58)



Фрэнсис Уильям Астон
(1877–1945 (68))
Ноб. пр., хим. 1922 (45)



Джеймс Чэдвик
(1891–1974 (83))
Ноб. пр. 1935 (44)



Маркус Лоренс Олифант
(1901–2000 (99))



Джон Дуглас Кокрофт
(1897–1967 (70))
Ноб. пр. 1951 (54)



Чандрасекхар Венката
Раман (1888–1970 (82))
Ноб. пр. 1930 (42)

«за создание метода, который позволяет наблюдать следы электрически заряженных частиц с помощью конденсации пара»), Фрэнсисом Уильямом Астоном (1877–1945 (68), Ноб. пр., хим. 1922 «за открытие с помощью масс-спектрографа явления изотопии у многих простых нерадиоактивных тел, а также закона целых чисел»), Джеймсом Чэдвиком (будущий лауреат Ноб. пр. 1935 (44) «за открытие нейтрона»), Маркусом Лоренсом Олифантом (1901–2000 (99)), который в 1947 году будет автором идеи синхротрона), Патриком Блэккетом (будущий лауреат Ноб. пр. 1948 (51) «за усовершенствование метода камеры Вильсона и сделанные в связи с этим открытия в области ядерной физики и космической радиации»), Джоном Дугласом Кокрофтом (1897–1967 (70); будущий лауреат Ноб. пр. 1951 (54) «за пионерские работы по трансмутации атомных ядер под воздействием искусственно ускоренных частиц») и другими первоклассными физиками.

Макс Борн получил доцентуру, которую нельзя было сравнить с его блистательным положением в Гёттингене. Всемирно известный 50-летний ученый оказался в той же ситуации, что и четверть века назад. Однако политическое положение в Германии не обещало ничего хорошего в будущем и подтвердило правильность принятого решения об эмиграции.

Несколько лет спустя Макс Борн получил британское гражданство. В эмиграции дружба между

М. Борном и Э. Шрёдингером, поселившимся на несколько лет раньше в Оксфорде, стала ещё теснее. Оба физика часто посещали друг друга или обменивались письмами.

В 1935 году Макс Борн был приглашён лауреатом Нобелевской премии индийским физиком Чандрасекхаром Венката Раманом (1888–1970 (82), *Ноб. пр.* 1930 (42)) в Бангалор для чтения лекций в качестве профессора-гостя.

После возвращения в Кембридж М. Борн получил письмо от П. Л. Капицы, который *«предлагал хорошие условия в Москве»* и профессию в Московском университете. Это предложение обсуждалось, но М. Борн не мог решиться на этот шаг и остался в Англии, которая всё-таки первая оказала ему гостеприимство. Вскоре пришло предложение принять руководство кафедрой в университете в Эдинбурге.

В Шотландии М. Борн проработал 17 лет на кафедре *«Натурфилософии»*, как традиционно со времён Исаака Ньютона называли физику. Здесь он с присущей ему энергией развернул широкую исследовательскую и преподавательскую деятельность. Как и в Гёттингене, среди его учеников было немало иностранцев. Учениками и сотрудниками М. Борна в этот период были многие физики, ставшие потом профессорами в различных научных центрах: Рейнгольд Фюрт, профессор немецкого университета в Праге, эмигрировавший перед самой войной, занимался у М. Борна термодинамикой кристаллов; Клаус Фукс (1911–1988 (77)), коммунист, *«чрезвычайно одарённый человек»*, примкнул потом к группе английских ученых, занимавшихся исследованиями распада ядра; Герберт Сидней Грин, впоследствии профессор в Аделаиде (Австралия), с которым М. Борн разрабатывал строгую кинетическую теорию газов и жидкостей. Работы в Англии *«были связаны главным образом с определением спектра колебаний решёток, вызванных диффузным рассеянием рентгеновских лучей и эффектом Рамана»*.



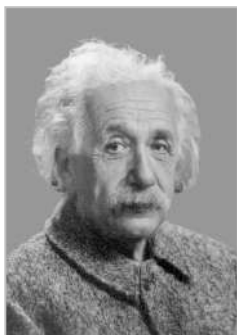
Клаус Фукс
(1911–1988 (77))

По свидетельству Норберта Винера, *«самым блистательным учеником»* Макса Борна в Эдинбурге был Клаус Фукс, немецкий исследователь атома, работавший после войны в Центральном исследовательском центре в Россендорфе. К. Фукс как противник Гитлера покинул Германию и начал учиться сначала в Бристоле, а затем в Эдинбурге у М. Борна. При его заботливой поддержке К. Фукс получил две академические степени и вместе со своим учителем опубликовал в 1938–1940 годах несколько важных работ.

Макс Борн после своей отставки в 1953 году в возрасте 71 года решил возвратиться на родину. В конце 1953 года Борны обосновались в Германии в небольшом курортном городке Бад-Пирмонт, недалеко от Гёттингена.



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

Вплоть до 50-х годов XX века Макс Борн должен был, несмотря на сложности своей жизни, стойко защищать свою статистическую интерпретацию квантовой механики. Здесь стоит привести выдержку из научной переписки Макса Борна: *«При уходе в отставку с моей эдинбургской кафедры мне был торжественно вручен Festschrift (почетное издание) со статьей Эйнштейна, в которой он на основе своей концепции физической реальности кратко и ясно изложил, почему он отвергает статистическую интерпретацию квантовой механики. Я не мог согласиться с этим и даже его математическую трактовку считал недостаточной. В своём ответе я попытался защитить свою статистическую точку зрения, показав, что претензия классической механики на детерминистическое истолкование событий неоправданна, поскольку претензия эта основана на предположении, что абсолютно точные данные имеют физический смысл, а это я считал абсурдным. Так я разработал статистическую формулировку классической механики. Затем я предложил непосредственную квантово-механическую трактовку примера Эйнштейна и показал, что в классических пределах он переходит точно в результат, ранее полученный на основе моей статистической формулировки классической механики. Эйнштейн ответил, что я его неверно понял, поскольку его возражения были*

связаны с концепцией реальности, а не с детерминизмом. Хотя спор с Эйнштейном был довольно острым, он ни в малейшей степени не повлиял на наши дружеские отношения».

Уже работая в Германии, Макс Борн в возрасте 72 лет (в 1954 году) получил, наконец, Нобелевскую премию по физике *«за фундаментальные исследования в квантовой механике, особенно за статистическую интерпретацию волновой функции».*

В 1959 году в одном из своих докладов о границах физической картины мира Макс Борн говорил: *«Когда я был молодым, ещё можно было оставаться чистым учёным, не очень заботясь о применениях, о технике. Сегодня это больше невозможно. Ибо исследование природы чрезвычайно сильно связано с социальной и политической жизнью. Оно нуждается в больших средствах, которые можно получить только от крупной промышленности*

или от государства, и поэтому его результаты не могут быть скрыты от этих организаций. В частности, огромные суммы поглощают ядерная физика, ракетная техника, космические полеты. Таким образом, сегодня каждый исследователь является звеном технической и индустриальной системы, в которой он живёт. Поэтому он также должен нести часть ответственности за разумное использование его результатов».

Макса Борна очень волновала мысль об ответственности учёного за результаты своих открытий и изобретений, а также ответственность научного руководителя за достойное гуманитарное воспитание своих учеников.

Макс Борн всегда с чистой совестью говорил и писал о том, что он *«никогда не изучал ядерную физику как следует и не мог принять участие в её разработке»*. Следствием этого явилось то, что он также *«не принял участия в работах, связанных с делением ядра и его приложением к атомной бомбе»*. Это позволило М. Борну обсуждать различные вопросы этой проблемы *«с позиции незаинтересованного, объективного наблюдателя»*.

К сожалению, нужно помнить, что все крупные физики-атомщики и организаторы создания атомных бомб были его учениками. Поэтому Макс Борн мог себе позволить сказать: *«Я знаю об этих вещах достаточно, чтобы быть убеждённым в том, что атомная война была бы величайшей катастрофой из всех, какие знало человечество. Я не верю также в то, что при большой войне между основными державами возможна какая-либо защита для населения. Все предложения такого плана, по моему мнению, служат лишь дымовой завесой для прикрытия существа дела; и они выдвигаются теми, кто выступает за атомное вооружение»*.

Макс Борн писал о своих учениках и сотрудниках — физиках-атомщиках: *«Оба они, Оппенгеймер и Теллер, а также Ферми и другие участники этой работы, включая нескольких русских физиков, были когда-то моими сотрудниками по Гёттингену задолго до этих событий, ещё в те*



*Роберт Оппенгеймер
(1904–1967 (63))*



*Эдвард Теллер
(1908–2003 (95))*



*Энрико Ферми
(1901–1954 (53))
Ноб. пр. 1938 (37)*

времена, когда существовала чистая наука. Приятно сознавать, что у тебя были такие одарённые и деятельные ученики, но мне бы хотелось, чтобы они проявили меньше одарённости и больше мудрости. Я чувствую, что заслуживаю порицания, если всё, чему они у меня научились, – это лишь методы исследования и ничего больше. Теперь их одарённость повергла мир в отчаянное положение».

М. Борн всегда подчёркивал, что физики, особенно исследователи атомного ядра, которые открыли ранее неизвестные силы природы и овладели ими, *«не могут равнодушно относиться к использованию результатов их исследований»*. Он упрекал себя за то, что во время его работы в Гёттингене многие физики-ядерщики получили специальное образование, *«но у них не воспитали чувства социальной и моральной ответственности, вытекающей из их науки»*.

Далее М. Борн продолжал: *«Но лишь много лет спустя, а точнее после Хиросимы, у меня стали формироваться чёткие убеждения. Если бы это случилось раньше, осознание социальной ответственности учёного определённо нашло бы своё выражение в ранний период моей преподавательской деятельности и, возможно, не так много моих учеников извляло бы готовность сотрудничать в создании атомной бомбы»*.

Учёный писал: *«Трагическим поворотом событий было решение применить новое оружие, сбросив две бомбы на густонаселённые города Японии. На ком лежит ответственность за это решение? Президент Трумэн отдал приказ, выслушав предварительно множество советников. Среди них были не только политические и военные деятели, но и выдающиеся учёные. Действительно, группа учёных-атомщиков в своём докладе предупредила министра обороны США и правильно предсказала последствия этого шага; доклад подписал председатель комитета Джеймс Франк, мой старый друг и коллега по Гёттингену далёкого мирного времени. Но другая группа выдающихся физиков одобрила сбрасывание бомб»*.

Макс Борн много размышлял о долге учёного, его терзали сомнения, ведь среди тех, кто работал над созданием атомной бомбы в США, были не только его ученики и бывшие сотрудники, но и коллеги, выдающиеся учёные. И вот следующее его замечание: *«Нельзя обвинять людей, которые в то время (1939–1945) работали над проблемой деления ядра, потому что открытие деления ядра урана было сделано в гитлеровской Германии, и можно было предполагать, что нацисты сделают всё, чтобы на его основе разработать оружие, против которого не было бы защиты. Этого нельзя было допустить. Но когда в Соединённых Штатах первая бомба была готова к боевому применению, гитлеровская Германия уже капитулировала, а Япония была при последнем издыхании и даже просила через дипломатические каналы о мире»*.

М. Борна проблема ответственности учёного продолжала волновать, и он писал в своих воспоминаниях: *«Что в своих сомнениях я не был оди-*

нок даже в пору Первой мировой войны, стало ясно из одного случая, который произошёл в 1933 году в Кембридже, в Англии, куда я прибыл в качестве эмигранта. Меня приняли очень радушно. Между тем Фриц Габер, вынужденный эмигрировать, несмотря на свои заслуги перед Германией в Первой мировой войне (создатель селитры, составной части пороха, а также отравляющих газов. — Ю. В. Трушин), был встречен холодно. Лорд Резерфорд, основоположник ядерной физики и один из крупнейших физиков нашего времени, отклонил моё приглашение навестить меня, так как в моём доме должен был присутствовать и Габер. Резерфорд не хотел обмениваться рукопожатием с изобретателем химического оружия. Резерфорд играл большую роль в разработке технических средств обороны для своей страны и ни в коей мере не был пацифистом. Но он проводил для себя черту, за которой орудия уничтожения не должны признаваться оружием».



Фриц Габер
(1868–1934 (66))
Ноб. пр., хим. 1918 (50)

После окончания Второй мировой войны Макс Борн написал: «Тем, кто ещё верит в войну как в законный инструмент политики и придерживается традиционных представлений о герое, умирающем ради жены, ребёнка и фатерланда, следовало бы понять теперь, что это мифы, и при этом утратившие свою былую привлекательность».

Международный конгресс в Копенгагене в 1963 году показал, что выбранное Максом Борном направление исследований оказалось в центре внимания учёных, занимающихся физикой твёрдого тела, поскольку применение нейтронов вместо рентгеновских лучей позволило получить гораздо больше качественных экспериментальных данных. Одним из выдающихся учеников Макса Борна был Кун Хуанг, ставший потом профессором в Пекине, с которым была написана книга по динамике кристаллических решёток, вышедшая в 1954 году.

Макс Борн опубликовал за свою творческую жизнь свыше 300 статей и около 200 книг.

Размышления Макса Борна как физика и философа представляют научный и познавательный интерес. Он писал: «Я изучал философов всех времён и встретил у них множество ярких идей, но не смог усмотреть никакого стабильного прогресса к более глубокому познанию или пониманию сути вещей. Наука, напротив, наполняет меня чувством устойчивого прогресса, и я убеждён, что именно теоретическая физика есть подлинная философия. Она революционизировала самые основные понятия, например, о пространстве и времени (теория относительности), о причинности (квантовая теория), а также о субстанции и материи (атомистика). При всём этом теоретическая физика научила нас новым методам мышления (принцип дополнительности), применимость которых далеко



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)

выходит за рамки физики. В последние годы я был занят попытками формулирования философских принципов, выводимых из науки».

«Когда я ещё был молод, – писал Макс Борн, – промышленность весьма мало нуждалась в учёных. Поэтому их единственным способом зарабатывать на жизнь было преподавание. Для меня преподавание было делом приятным, особенно преподавание в университете».

И далее: *«С личной точки зрения, наука предоставила мне в полной мере удовлетворение и радость, которые только может получить человек от своей профессиональной деятельности. Однако на моём веку наука стала делом государственной важности, она привлекает пристальное внимание общества, и теперь устарела точка зрения на науку как на „искусство ради искусства“, которой я придерживался в молодости. Наука стала неотъемлемой и наиболее важной частью нашей цивилизации, а научная деятельность теперь понимается как непосредственный вклад в развитие цивилизации. В наш век техники наука обрела социальные, экономические и политические функции. И какой бы отдалённой от технических приложений ни выглядела ваша работа, она представляет собой звено в цепи действий и решений, определяющих судьбу всего рода человеческого».*

Далее Макс Борн рассуждал: *«Настоящие учёные составляют, как всегда, ничтожное меньшинство, однако внушительные успехи техники поставили этих людей на ключевые позиции в обществе».*

Макс Борн умер 5 января 1970 года в возрасте 88 лет в клинике в Гёттингене.

Свою программу великий физик и мыслитель изложил в одной из статей: *«Мы хотим, чтобы наша прекрасная наука вновь служила исключительно благу людей и не употреблялась во зло ради целей отжившей свой век политики».*

ГЛАВА 7

ЗНАМЕНИТЫЕ УЧЕНИКИ ВЫДАЮЩИХСЯ ФИЗИКОВ —

Вольфганг ПАУЛИ и Вернер ГЕЙЗЕНБЕРГ

Арнольд Зоммерфельд познакомил своих студентов Вернера Гейзенберга и Вольфганга Паули, сказав при этом, что *«считает Паули одним из своих наиболее одарённых учеников, у которого Гейзенберг может многому научиться, а если что-то не понимает в физике, то должен просто обратиться к нему»*.

Сам В. Гейзенберг писал о В. Паули: *«Во всё последующее время, до самой своей смерти, он исполнял для меня и для дела, которое я пытался делать в науке, роль всегда желанного, хотя зачастую и очень резкого критика и друга»*.

«Лишь тем, кто встретил „квант“ в детском возрасте или даже немного опоздал со своим рождением, суждено было понять, что за сила была заключена в странной гипотезе о характере излучения осциллятора. К 1925 г., году появления первой работы 24-летнего Вернера Гейзенберга, дети возмужали, и в их руках гипотеза превратилась в великую науку. Одним из главных участников событий, развернувшихся в 1925 г., стал ровесник кванта Вольфганг Паули», — писал профессор Я. Смородинский.

Макс Борн писал о Вольфганге Паули (Ноб. пр. 1945 (45)) и Вернере Гейзенберге (Ноб. пр. 1932 (31)), что *«каждый из них был вундеркиндом, уже на первых порах вступившим во всеоружии эрудиции, которая приобретается лишь по прохождении полного курса обучения»*.

После знаменитого «Фестиваля Бора» в Гёттингене осенью 1922 года Нильс Бор пригласил студентов из Мюнхена Вольфганга Паули и Вернера Гейзенберга приехать к нему в Копенгаген. Постоянное обсуждение получаемых результатов стало привычкой для молодых физиков и друзей. Два гения квантовой физики XX века — Вольфганг Паули и Вернер Гейзенберг — сначала были студентами у Арнольда Зоммерфельда в Мюнхене, потом каждый из



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))



Вернер Гейзенберг
в студенческие годы



Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

них был ассистентом у Макса Борна в Гёттингене, и оба тесно сотрудничали с Нильсом Бором в Копенгагене. Пройдя такие необыкновенные школы физики у трёх выдающихся учёных, они сумели создать в науке поистине великие творения: первый – правило запрета Паули, второй – соотношение неопределённостей Гейзенберга. Именно благодаря их научным достижениям квантовая физика стала вполне законченным фундаментальным разделом физики.

«Подлинно новую землю в науке можно открыть лишь тогда, когда вы в решающий момент готовы покинуть ту точку, на которой покоилась прежняя наука, и в известном смысле совершить прыжок в пустоту», – писал в одной из своих книг Вернер Гейзенберг. И такие **«прыжки»** сумели совершить оба великих физика.

Вольфганг ПАУЛИ

(1900–1958 (58); Ноб. пр. 1945 (45))

Вольфганг Паули родился 25 апреля 1900 года в Вене в семье профессора медицинской школы Венского университета Вольфганга Паули, впоследствии директора Института медицинской коллоидной химии. Молодой В. Паули, пока сам не стал профессором в Федеральной технической высшей школе в Цюрихе (1928), ставил под своими работами подпись **«В. Паули, мл.»**.

Восемнадцать лет В. Паули окончил гимназию в Вене. К этому времени он уже сформировался как самостоятельный естествоиспытатель: осенью 1918 года в журнал *«Physikalische Zeitschrift»* была направлена его первая работа об энергии гравитационного поля.

Из возможных мест для дальнейшего образования Вольфганг Паули ошибочно выбрал Мюнхен. Он отправился к Арнольду Зоммерфельду, замечательному знатоку физики, виртуозно владевшему математическим аппаратом, и одному из тех немногих, кто смог начать вместе с Нильсом Бором и Альбертом Эйнштейном создавать нарождающуюся квантовую физику.

Арнольд Зоммерфельд писал: **«Первокурсник Вольфганг Паули из Вены ... уже к этому времени тайком изучил трактат Эйнштейна»**.

У А. Зоммерфельда молодой В. Паули овладел искусством математики и развил свои врождённые способности к критическому анализу огромного

количества порой противоречивых фактов, которые накопились в физике. В 1919 году В. Паули опубликовал ещё две работы по теории относительности, на этот раз посвящённые теории Г. Вейля.

А. Зоммерфельд писал в 1949 году: *«Я занимался изданием физического тома „Математической энциклопедии“. В нём ещё отсутствовала статья по теории относительности. Поскольку Эйнштейн не захотел её писать, я предложил Паули сделать эту работу вдвоём. Но когда он показал мне первый набросок своей работы, я нашёл его в такой степени мастерским, что отказался от участия. Работа Паули не превзойдена и по сей день».*

А. Зоммерфельд знал, что его молодой ученик знает по теории относительности почти всё, поэтому и обратился к 21-летнему В. Паули с такой просьбой. Этот обзор принёс молодому физiku широкую известность. В 1922 году, отмечая выход обзора Вольфганга Паули по теории относительности, Альберт Эйнштейн писал: *«Тот, кто будет читать эту зрелую и тщательно продуманную работу, вряд ли поверит, что её автору всего 21 год. Неизвестно, чему следует удивляться больше: глубокому психологическому пониманию хода развития идей, безупречности математических выводов, глубокому проникновению в физическую сущность явлений, способности ясно и систематически излагать предмет, эрудиции, полноте изложения, уверенности критика».*



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

Немного есть в истории науки примеров столь раннего признания и столь могучей поддержки молодого таланта. Характеристика молодого учёного оказалась необычайно точной: к ней не надо ничего добавлять. Всё, что сделал и о чём писал за свою жизнь В. Паули, подтверждает слова А. Эйнштейна.

В списке работ В. Паули есть ещё три работы по общей теории относительности. Две из них содержат очень изящную формулировку теории – уравнения А. Эйнштейна, Дж. Максвелла и П. Дирака в однородных пятимерных координатах. Но это направление не получило развития. Третья работа, в которой рассмотрено релятивистское поле, выполнена вместе с А. Эйнштейном в 1943 году.

В 1920 году интересы В. Паули сосредоточились на атомах и их спектрах. Он демонстрировал глубину, исследовав диамагнетизм и парамагнитную восприимчивость одноатомного газа.

Зиму 1921–1922 годов В. Паули провёл в Гёттингене, работая ассистентом у М. Борна. Совместно с М. Борном он опубликовал в 1922 году работу по применению теории возмущений (известную тогда в небесной механике) к задачам атомной физики.



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

Свою докторскую диссертацию о молекуле водорода В. Паули защитил в 1922 году и осенью этого же года приехал в Копенгаген к Нильсу Бору, куда он был приглашён ещё во время «Фестиваля Бора» в Гёттингене летом 1922 года. Почти год В. Паули работал ассистентом у Н. Бора.

О своём продвижении в науке В. Паули писал: *«Новая фаза моей научной жизни началась, когда я впервые лично познакомился с Нильсом Бором. Это было в 1922 г., когда он прочитал в Гёттингене цикл лекций, в которых рассказал о своих теоретических исследованиях Периодической системы элементов. Напомню лишь кратко, что существенным достижением Бора в этих исследованиях явилось объяснение с помощью сферически симметричной модели атома заполнения промежуточных оболочек атома и общих свойств редкоземельных элементов... На меня произвело сильное впечатление, что Бор тогда и в более поздних дискуссиях говорил об общем правиле заполнения любой электронной оболочки, в котором, в отличие от подхода Зоммерфельда, число 2 играло столь же существенную роль, как и число 8».*

Превосходный физик, Вольфганг Паули обладал чрезвычайно логическим умом и славился саркастическими репликами. Если в теории имелся какой-нибудь изъян, В. Паули немедленно обнаруживал его, не преминув сделать язвительные замечания. Его шуточные, но очень точные замечания, весёлый характер, как, впрочем, и весь его внешний вид, служили источником постоянных забав в институте.

С именем Вольфганга Паули всегда были связаны анекдоты. Нильс Бор с удовольствием выслушивал их и тут же спешил пересказать кому-нибудь из сотрудников. Таким образом, «**эффект Паули**» был отлично известен не только в Копенгагене, но и во всей Европе. В. Паули, подобно многим физикам-теоретикам, был крайне неловок; стоило ему появиться в лаборатории, как вся аппаратура немедленно начинала ломаться. По этому поводу рассказывали массу забавных случаев. Однажды в Гёттингене взорвалась без всякой на то причины очень сложная установка. Как удалось установить, взрыв произошёл в тот момент, когда поезд, в котором ехал В. Паули, остановился в Гёттингене.

Ещё Арнольд Зоммерфельд писал о своих студентах: *«Я пытался привлечь как Паули, так и Гейзенберга к участию в лабораторных работах. Они работали втроём со своим другом Отто Лапортом в совместном эксперименте, руководимом моим коллегой Вином. Паули больше советовал, чем работал, чтобы исключить „эффект Паули“».*

В. Паули писал с такой же лёгкостью, как и говорил. Не удивительно, что письма от него всегда были целым событием. Под предлогом составления ответа Н. Бор продолжал с В. Паули диалог. Казалось, его вечный критик и друг, скептически улыбаясь, сидит здесь же, рядом.

В 1923 году В. Паули начал в качестве доцента Гамбургского университета свою преподавательскую работу, которая продолжалась по 1928 год. В это время В. Паули регулярно курсировал между Гамбургом и Копенгагеном.



*Нильс Бор (1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)
и Вольфганг Паули (1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)*

Пользуясь своей моделью атома, Н. Бор объяснил особенность построения Периодической системы элементов Д. И. Менделеева, что привело Д. Хевеши и Д. Костера, сотрудников Н. Бора в Копенгагене, к открытию элемента гафния (№ 72, IV группа). Однако ирландский физик заявил, что он ещё в 1913 году открыл этот элемент и назвал его кельтием. Этот спор обострил ситуацию, и в 1924–1927 годах Копенгагенский институт теоретической физики жил в обстановке волнений. Проблема привлекла внимание учёных к вопросу расположения электронов в атоме. Н. Бор в своё время нарисовал схему расположения электронов, но всё ещё не было ясно, почему на каждой орбите находится определённое количество электронов. В. Паули уже давно подтрунивал над Н. Бором, говоря, что тот **«точно распределил между электронами орбиты вокруг ядра»**. И продолжал: **«Если электроны и впредь намерены водить хороводы вокруг ядра, то почему же внутренняя орбита, т. е. наиболее устойчивое состояние, к которому стремятся электроны, не приобретает их всё больше и больше?»** Ведь уже тогда было ясно, что этого не происходит.

Вольфганг Паули решил заняться загадочной проблемой самостоятельно. Ему удалось доказать, что каждая квантовая орбита, каждая **«дорожка»** в больших **«дорогах»**, которые принято называть стационарными состояниями, может удерживать не более двух электронов. Когда оба места уже заняты, следующему электрону приходится искать место на следующей **«дорожке»**. Как только орбита, или **«тропинка»**, получит положенные ей два электрона, для других там места нет.

Вольфганг Паули считал, что **«чем тяжелее элемент, тем большее число орбит занято электронами»**. Следовательно, как утверждал он и в письмах, и в личных беседах с Нильсом Бором, **«в низшем энергетическом состоянии в атоме гелия находятся два электрона»**. Далее Вольфганг Паули писал: **«Если остальные электроны вынуждены искать другое**

„место“, то следующий электрон должен занять другую оболочку, состоящую из одной круговой и трёх эллиптических орбит, и в результате образуется литий, т. е. номер три в Периодической системе элементов». И далее при заполнении следующего уровня десять электронов – два на первой оболочке и по два на каждой из четырёх второго уровня – будут вращаться вокруг ядра, и, таким образом, получается неон.

Дальнейшие рассуждения В. Паули приводили к тому, что **«следующие электроны, по два на орбите, заполняют орбиты следующего уровня, а остальные – дополнительные уровни и орбиты до тех пор, пока не получим 92 электрона урана»** (наиболее тяжелого из известных в то время элементов). В уране электроны вращаются по 46 различным орбитам.

В 1924 году Вольфганг Паули сформулировал принцип: **«В атоме не может быть двух и более эквивалентных электронов, у которых в сильных полях совпадали бы значения всех квантовых чисел n, k_1, k_2, m_1 . Если в атоме есть один электрон, у которого эти квантовые числа имеют (во внешнем поле) определённые значения, то соответствующее состояние занято».**



Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)

Сегодня к этому можно добавить: а) что изменились обозначения квантовых чисел (теперь пишут n, l, m, s); б) внешнее поле нужно, чтобы снять вырождение, т. е. чтобы у разных состояний была бы разная энергия; в) всё изложенное относится не только к электронам в атоме, но и к любым частицам с полуцелым спином в молекулах любой физической системы.

Выводу принципа В. Паули не предшествовали сложные вычисления, формулировка его не требовала новых понятий. Этот закон был необычайно сконцентрированным выводом из большого числа эмпирического материала.

Ко времени формулировки принципа запрета Вольфганг Паули был уже не новичком в физике. Его обзор по теории относительности до сих пор остаётся одной из классических монографий по этому вопросу.

Полученный принцип запрета был впервые опубликован В. Паули в статье 1925 года («*Zeitschrift für Physik*») об атомных спектрах, где, фактически, был учтён и спин электрона. Следует заметить, что Вольфгангу Паули было в то время 25 лет!

Таким образом, В. Паули завершил основное объяснение Периодической системы элементов, которая впервые была создана Д. И. Менделеевым и уточнена позднее Н. Бором и Г. Мозли (1887–1915 (28)).

Нильс Бор, потрясённый открытием Вольфганга Паули, предсказывал, что оно сыграет важную роль в



Генри Мозли
(1887–1915 (28))

понимании самых различных аспектов строения материи. Его предсказание сбылось. Работа Вольфганга Паули побудила молодых тогда голландских физиков Самюэля Гаудсмита и Джорджа Уленбека заняться более детальным изучением движения электронов вокруг ядра. Исследовав тонкую структуру спектральных линий, они пришли к выводу, что электроны при вращении вокруг ядра одновременно совершают обороты вокруг собственной оси – примерно так же, как Земля, вращаясь вокруг Солнца, оборачивается вокруг своей оси. Впоследствии удалось установить, что два электрона, вращающихся в противоположных направлениях, создают вокруг себя слабые магнитные поля, которые несколько изменяют их взаимные орбиты. Тем самым концепция В. Паули претерпела некоторые изменения.



Самюэль Гаудсмит
(1902–1978 (76))

Сам В. Паули так описывал открытие принципа запрета: *«История открытия принципа запрета восходит к моим студенческим годам в Мюнхене. Уже в школе, в Вене, я получил некоторые знания в области классической физики и новой в то время теории относительности Эйнштейна, а в Мюнхенском университете у Зоммерфельда – знания о структуре атома – довольно странные с точки зрения классической физики.*



Джордж Уленбек
(1900–1988 (88))

Меня не миновало потрясение, которое испытывает при первом знакомстве с „Основным постулатом квантовой теории“ Бора каждый физик, привыкший к классическому образу мышления.

Он состоял в стремлении навести абстрактный порядок среди новых понятий, отыскав ключ для перевода классической механики и электродинамики на квантовый язык, который позволил бы построить их логическое обобщение. К этому был направлен принцип соответствия Бора.

В свою очередь, Зоммерфельд пытался преодолеть трудности, стоявшие на пути использования кинематических моделей, с помощью прямой интерпретации спектральных законов, пытаясь сформулировать закономерности строения спектров на языке целых чисел, причём он, как когда-то Кеплер при исследовании планетной системы, следовал чувству гармонии. На меня оказали влияние оба подхода, которые не казались мне непримиримыми».

В. Паули продолжал: *«На основе моих прежних результатов по классификации спектральных термов в сильном магнитном поле мне стала ясной общая формулировка принципа запрета. Основную идею можно сформулировать следующим образом: сложные числа электронов в*



Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)



Эрнест Резерфорд
(1871–1937 (66))
Ноб. пр., хим. 1908 (37)

заполненных оболочках сводятся к простому числу единица, если разделение на группы с помощью значений четырёх квантовых чисел электрона производится до тех пор, пока не будет снято всякое вырождение. Один электрон уже занимает совершенно невырожденный энергетический уровень. Эта общая формулировка принципа запрета была дана в Гамбурге весной 1925 г. после того, как я убедился в правильности некоторых дополнительных следствий в результате визита в Тюбинген, где был накоплен большой спектроскопический материал».

В. Паули замечал: «За исключением специалистов по классификации спектральных термов, мало кто понимал принцип запрета, поскольку для четвёртой степени свободы электрона не существовало модельного представления. Пробел был заполнен гипотезой Уленбека и Гаудсмита о спине электрона. С того времени принцип запрета тесно связывается с идеей спина».

В своём рассказе В. Паули подводил некоторый итог: «С одной стороны, была доказана справедливость принципа запрета для всех частиц со спином $1/2$ (например, не только для электронов, но и для нейтронов и протонов). Это придало принципу более общее и универсальное значение, и он нашёл применение в проблеме строения ядер, полностью ещё не разрешённой. С другой стороны, принцип запрета нельзя вывести из новой квантовой механики и волновой механики, и он остаётся независимым принципом, исключаящим некоторый класс математически возможных решений волнового уравнения.

Итак, история принципа запрета является уже старой, но её окончание ещё не написано».

К весне 1925 года кризис в старой квантовой теории достиг своего апогея. Попытки справиться с трудностью ценой отказа от принципов сохранения, принятые Нильсом Бором, Хендриком Крамерсом, Джоном Слэтером, оказались тщетными. Ханс Бете и Ханс Гейгер своими опытами продемонстрировали справедливость закона сохранения энергии для рассеяния света электроном. Нильс Бор в письме Эрнесту Резерфорду от 18 апреля 1925 года описывал трудно-

сти и жаловался, что *«чувствует себя несчастным»*. Это уже были последние недели кризиса.

Рождение квантовой механики было подобно фазовому переходу.

Физика в это время напоминала нагретую жидкость: нужен был небольшой толчок (великая идея!). Такая идея пришла в голову В. Гейзенбергу во время прогулок по берегу Северного моря, на острове Гельголанд.

Общение в Гамбурге с коллегами не прошло для В. Паули даром и помогло ему в решении задачи, поставленной в письме В. Гейзенберга от 24 июня 1925 года, в котором его друг писал, что ему *«удалось решить методами матричной механики задачу об энергии ангармонического осциллятора, но он терпит неудачу в попытках найти уровни водородного атома»*.

Вернер Гейзенберг 9 июля послал Вольфгангу Паули законченную рукопись. В. Паули был полон энтузиазма: *«Это как утренняя заря, в квантовой теории начинается рассвет»*. Однако он сначала отнёсся скептически к математическим сложностям, которыми сразу же стала обрастать теория. Оппозиция длилась недолго и окончилась естественным путем: В. Паули нашёл решение задачи об атоме водорода и сообщил об этом в начале ноября В. Гейзенбергу. 17 января 1926 года в печать была направлена работа об уровнях атома водорода, обсуждённая с Н. Бором, который уже 27 января писал Э. Резерфорду, что *«исчезли причины, которые делали меня несчастным прошлой весной»*.

Задача была не из лёгких, поскольку в матричной механике не было дифференциального уравнения для уровней, и составление полной системы матричных равенств оказалось нетривиальным. Вольфганг Паули воспользовался тем, что в задаче Иоганна Кеплера был известен, ещё со времен Пьера Лапласа, один интеграл движения, отличный от момента количества движения. Сопоставляя двум интегралам движения две коммутирующие матрицы, можно было алгебраически найти их собственные значения, а затем и энергию, которая выражается просто через сумму квадратов обеих матриц. В даль-



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)



Иоганн Кеплер
(1571–1630 (59))



Пьер Симон Лаплас
(1749–1827 (78))



Эрвин Шрёдингер
(1887–1961 (74))
Ноб. пр. 1933 (46)

нейшем В. А. Фок обнаружил связь этих матриц с группой движения трёхмерной сферы.

Итак, к концу 1925 года в новой механике не хватало только уравнения, решение которого дало бы уровни энергии для любой системы и которое позволило бы решить задачу о рассеянии. Уравнения появились в начале 1926 года в двух статьях Эрвина Шрёдингера, которые можно объединить общим названием «*Квантование как проблема собственных значений*». Первая из них поступила в редакцию 27 января, а вторая – 23 февраля 1926 года.

На первых порах никто не мог понять, существуют ли две разные теории – волновая и матричная – или эти теории эквивалентны. Э. Шрёдингер показал их эквивалентность в работе, поступившей в редакцию 18 марта 1926 года. Однако доказательство не было полным. При историческом исследовании выяснилось, что 12 апреля того же года Вольфганг Паули послал Паулю Йордану письмо, в котором **«ясно доказал связь между матричными элементами и операторами волновой механики»**. В этом же письме, основываясь на идее Луи де Бройля, Вольфганг Паули вывел релятивистское волновое уравнение для частиц без спина.

В 1926 году вышел из печати первый из обзоров В. Паули по квантовой теории, который он закончил в сентябре предыдущего года. Может быть, мир идей старой квантовой механики, в котором жил В. Паули, работая над обзором, тормозил процесс его перерождения. Только к ноябрю 1926 года новая квантовая физика стала его родной стихией. Написанному обзору не суждено было разделить славу статьи по теории относительности в «*Математической энциклопедии*»: создание квантовой механики Вернером



Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)

Гейзенбергом и Эрвином Шрёдингером сделало ненужным хитроумные построения, основанные на постулатах Нильса Бора, и с легкостью ликвидировало многочисленные трудности, с большим искусством проанализированные Вольфгангом Паули в этом обзоре. Но обзор В. Паули можно считать последним актом, посвящённым старой теории, и он сохранил своё значение как авторитетный источник сведений о самых последних днях догейзенберговской физики.

Родной стихией Вольфганга Паули была квантовая теория от создания основ квантовой механики – с первых лет её развития до квантовой теории поля, и в этой стихии он, как искусный кормчий, умел прокладывать новые пути.

Со временем решение конкретных задач всё меньше и меньше занимало В. Паули. Его мысли обращались к наиболее фундаментальным проблемам. И в волновой механике он нашёл такую проблему – это была теория релятивистских волновых уравнений.

В 1928 году В. Паули вместе с П. Йорданом начали разрабатывать последовательную теорию релятивистских полей. Вслед за этим вышли две фундаментальные работы (совместно с В. Гейзенбергом), в которых содержалась практически в завершённом виде квантовая электродинамика. Лишь статья Э. Ферми 1932 года смогла соперничать с этими работами.

В 1928 году В. Паули был приглашён профессором Политехникума в Цюрих, и на этом месте он остался до конца жизни, за исключением периодов работы в Принстонском институте перспективных исследований в Америке в 1935–1936 годах, с 1940 по 1945 годы, в 1949–1950 годах и в 1954 году.

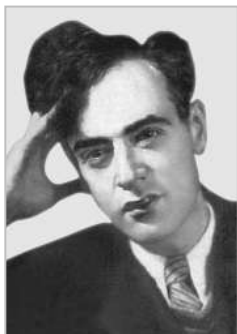
В 1933 году вышел фундаментальный обзор Вольфганга Паули «Общие принципы квантовой механики» в новом издании «*Handbuch der Physik*». В характерном для В. Паули стиле обзор содержал почти всё, что можно сказать о главных идеях, которые лежали в основе квантовой механики. В этом обзоре современный читатель, как нигде в другом месте, может почувствовать степень завершённости этой науки. В наше время увлечения практическими задачами особенно полезно вновь возвращаться к истокам науки – это должно помочь её новому развитию. После обзора В. Паули было написано много книг по квантовой механике, но ни одна из них его не заменила.

В создание математического аппарата квантовой механики, который позволил просто излагать то, что представлялось невероятно сложным на классическом языке XIX века, внёс свой вклад и В. Паули. Ему принадлежит введение в физику алгебры двумерных матриц для описания спина. Этими работами закончился период, о котором можно говорить как о периоде становления квантовой механики.

С 1939 года началось развитие теории элементарных частиц, которое полностью увлекло Вольфганга Паули. Появились его работы о волновых уравнениях для частиц со спином от 0 до $1/2$, выяснились важные свойства волновых полей, что привело и к пониманию общих свойств спина. Работы в этом направлении привели к открытию в 1940 году одного из основных законов теории квантовых полей – связи статистики и спина. Как и в истории с принципом запрета, полученная новая теорема не имела никаких корней в классической физике.



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)



Лев Давидович Ландау
(1908–1968 (60))
Ноб. пр. 1962 (54)



Абдус Салам
(1926–1996 (70))
Ноб. пр. 1979 (53)



Виктор Вайскопф
(1908–2002 (94))

Годы Второй мировой войны В. Паули провёл в США. Здесь его интересы были обращены к теории мезонных полей, к попыткам построения новой теории ядерных сил по типу квантовой электродинамики. Эта задача оказалась значительно труднее – до сих пор она не имела решения. Однако В. Паули и здесь увидел глубокие и доступные исследованию области.

Нужно вспомнить, что большая, может быть, слишком большая осторожность Вольфганга Паули привела к тому, что его идея о нейтрине осталась неопубликованной. О ней он сообщил в письмах некоторым физикам позже – на Седьмом Сольвеевском конгрессе в 1933 году. Правда, авторитет Вольфганга Паули был столь велик, что честь теоретического открытия им нейтринно никогда не оспаривалась.

В обзоре Вольфганга Паули «Общие принципы квантовой механики» имелось всё, что нужно для описания зеркально-симметричного нейтринно. Но ни Герман Вейль, открывший волновое уравнение для такой частицы ещё в 1929 году, ни кто-либо из читавших обзор Вольфганга Паули не заметили в этом уравнении намёка на реальную действительность. Открытие Ц. Ву, Ч. Янгом и Т. Ли несохранения чётности, а затем Львом Давидовичем Ландау и Абдусом Саламом спиральности нейтринно оказалось для всех неожиданным. Вольфганг Паули тоже был поражён и в письме Виктору Вайскопфу написал: **«Меня шокировал не тот факт, что Бог – левша, а то, что, несмотря на это, он показывает себя право-левосимметричным в сильных своих выражениях».**

В декабре 1945 года Вольфганг Паули получил Нобелевскую премию «за открытие принципа запрета, который называют также принципом Паули».

Многие физики замечали, что следствия, получаемые из инвариантности выражений относительно трёх типов отражений – пространственного (P), временного (T) и зарядового (C) – не всегда бывают независимыми. Однако связь между этими тремя операциями ускользала от всех. Вольфганг Паули в 1955 году обнаружил эту связь и сформулировал её в обычной для него лаконичной форме: **«Уравнения квантовой теории инвариантны относительно**

CPT-преобразования. Родилась *CPT*-теорема – одна из наиболее общих и глубоких теорем современной физики. Выяснилось, что симметрии могут нарушаться в определённом порядке. Этому закону подчиняется любая теория физических полей, и нет никаких указаний, что она сколько-нибудь нарушается в природе. Справедливость *CPT*-теоремы связана с существованием античастиц, поскольку из неё вытекает, что, если в природе происходит некоторый процесс, то с той же вероятностью может происходить и процесс, в котором частицы заменены соответствующими античастицами, причём проекции их спинов имеют противоположный знак, а начальные и конечные состояния процессов поменялись местами. Подобно принципу запрета, связи статистики и спина, *CPT*-теорема не имеет классического аналога. В третий раз в жизни Вольфганг Паули обнаружил, следуя своей интуиции и громадному количеству накопленных и обобщённых физических фактов, чисто квантовый закон, который нельзя было предвидеть, рассуждая только по принципу соответствия, следуя классическим аналогиям.

Последние работы Паули продолжали развиваться всё по тому же пути: симметрия в физике микромира, квантовые законы и новые квантовые числа. Квантовые числа для лептонов – лептонный заряд – были последним его увлечением.

Ещё одна проблема занимала Вольфганга Паули всю жизнь – это проблема числа «137», знаменитой постоянной тонкой структуры $\alpha = e^2/\hbar c = 1/137.0360\dots$, введённой его учителем Арнольдом Зоммерфельдом. Происхождение этой постоянной остаётся пока тайной. К ней часто возвращался Вольфганг Паули в своих статьях. По удивительному совпадению В. Паули провёл свои последние дни в комнате с номером 137.



Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)

В своих главных работах Вольфганг Паули не раз находил короткие по количеству слов фундаментальные принципы, начинавшие собой новые направления: принцип запрета, предсказание нейтрино, *CPT*-теорема, четвёртое квантовое число для электрона в атоме (спиновое) – это наиболее яркие примеры его научного предвидения.

В начале декабря 1958 года неожиданно выяснилось, что Вольфганг Паули серьёзно болен, а 15 декабря его не стало.

Вернер ГЕЙЗЕНБЕРГ
(1901–1976 (75); Ноб. пр. 1932 (31))

Вернер Карл Гейзенберг родился 5 декабря 1901 года в Вюрцбурге. Его отец, Август Гейзенберг, преподавал в старой гимназии Вюрцбурга классические языки и историю, а также был одновременно приват-доцентом Вюрцбургского университета по отделению средневековой и современной



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)

греческой филологии. Мать, Анна Векляйн, была дочерью директора Королевской Максимилиановской гимназии в Мюнхене. В 1910 году Август Гейзенберг получил кафедру классической филологии и византистики (единственную в Германии) в Мюнхенском университете, и семья переехала в Мюнхен. Отец Вернера был выдающимся византистом и впоследствии был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.

Закончив начальное обучение, Вернер Гейзенберг поступил в 1911 году в Максимилиановскую гимназию. Больше всего его интересовали языки (в том числе санскрит) и математика. Когда в возрасте 13 лет Вернер познакомился с дифференциальным исчислением, он попросил отца принести ему из университетской библиотеки математические книги. Отец принёс ему латинский трактат Леопольда Кронекера по теории чисел, имея в виду содействие изучения математики и упражнения в языке.

В гимназии В. Гейзенберг понял красоту геометрии и был очень поражён, что математика каким-то образом согласуется с формами нашего опыта. В это же время он узнал, что эта истина была уже известна древним грекам – Пифагору и Евклиду. Вернер унаследовал от отца синтетический склад ума. Однако важнее было развитое хорошим образованием чувство культуры, чувство присутствия, например, древнегреческой мысли везде, где только рассматриваемые проблемы оказываются достаточно глубокими и серьёзными. Такое ощущение единства европейской культуры во всей её длинной истории, восприятие истории культуры, по словам Б. Пастернака, как **«цепи уравнений в образах, попарно связывающих очередное неизвестное с известным»**, создаёт у человека культуру мысли, не определяющуюся техническими достижениями.



Герман Вейль
(1885–1955 (70))

После окончания гимназии, летом 1920 года, перед поступлением в Мюнхенский университет В. Гейзенберг отправился с друзьями в поход по Франконии. Однако после этого путешествия он тяжело заболел и вынужден был много недель пролежать дома в постели с высокой температурой, да и во время выздоровления долго оставался наедине со своими книгами. Вот как он сам описывал этот период, связанный с глубоким переломом в его представлениях о дальнейшем: **«В эти критические месяцы мне под руки попала книга, содержание которой заворозило меня, хотя я понимал её лишь наполовину. В этой книге, озаглавленной „Пространство. Время. Материя“, математик Герман Вейль предлагал ма-**

тематическое описание принципов эйнштейновской теории относительности. Разбор развёрнутых там сложных математических методов и стоящих за ними абстрактных мыслительных построений теории относительности увлёл и растревожил меня. Упрочилось моё давно уже принятое решение и желание изучать в Мюнхенском университете математику».

Отец устроил Вернеру встречу с профессором математики университета Фердинандом фон Линдеманом, который был знаменит окончательным математическим решением древней проблемы квадратуры круга. Мрачный, почти фаустовский кабинет профессора Линдемана, занимавшего также должность в управлении высшими учебными заведениями, сразу же смутил молодого человека. Окончательный вердикт по поводу занятий математикой был вынесен профессором, когда на его вопрос о том, какие книги Вернер проштудировал за последнее время, тот назвал работу Германа Вейля «Пространство. Время. Материя». Фердинанд Линдеман, пожилой господин с седыми усами, выглядевший несколько утомлённым, завершил беседу словами: **«Ну, значит, Вы так или иначе уже погибли для математики».**

После обсуждения с отцом было решено встретиться с профессором Арнольдом Зоммерфельдом, который представлял тогда в Мюнхенском университете теоретическую физику и считался одним из самых блестящих преподавателей высшей школы.

Вернер Гейзенберг писал об этой первой встрече со своим будущим учителем: **«Зоммерфельд принял меня в светлом помещении, через окна которого были видны студенты, сидевшие на скамьях под большой акацией во дворе университета. Невысокий, приземистый человек несколько воинственного вида, с тёмными усами производил на меня сперва строгое впечатление. Но уже в первых его фразах мне послышалась природная доброта, благжелательность к молодому человеку, пришедшему искать руководства и совета».**

Речь вновь зашла о дополнительной литературе, прочитанной соискателем. Реакция Арнольда Зоммерфельда на книгу Германа Вейля была совсем иная, чем у Фердинанда Линдемана: **«У Вас слишком большие запросы. Всё-таки нельзя начинать с самого трудного в надежде, что более лёгкое само упадёт Вам в руки».**



Фердинанд
фон Линдеман
(1852–1939 (87))



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))

Понимаю Вашу увлечённость проблематикой теории относительности; современная физика и в других областях тоже проникает в сферы, где под вопрос ставятся основные философские установки и где, стало быть, речь идёт об открытиях самого волнующего рода.

Но путь к ним длиннее, чем Вы сейчас себе представляете. Вы должны начать со скромной, тщательной работы в области традиционной физики. И, между прочим, если уж Вы хотите заниматься физикой, то надо прежде всего сделать выбор, склоняетесь ли Вы к экспериментальной или теоретической работе. Судя по Вашему рассказу, теория Вам, пожалуй, ближе. Однако не приходилось ли Вам в школе иметь дело с аппаратами и экспериментами?»

Вернер ответил, что школьником с удовольствием мастерил небольшие приборы, и далее заметил: *«Но в целом мир приборов мне скорее чужд, и аккуратность, необходимая при выполнении даже относительно маловажных измерений, даётся мне явно с большим трудом».*

Арнольд Зоммерфельд подвёл итог: *«Однако Вам придётся, даже занимаясь теорией, с крайней тщательностью работать над решением малых и, на первый взгляд, второстепенных задач... Вы, наверное, знаете, что сказал Шиллер о Канте и его комментаторах: „Когда короли строят, у ломовых извозчиков много дела“. Мы все первым делом ломовые извозчики! Но Вы скоро увидите, что Вам доставит радость тщательное и добросовестное исполнение такой работы, особенно, если Вы ещё и сделаете что-то толковое».*

А. Зоммерфельд при этом посоветовал, с чего начать занятия молодому человеку, и пообещал вскоре предложить задачу, касающуюся вопросов новейшей атомной теории для испытания на ней своих сил. И Вернер Гейзенберг с восторгом резюмировал: *«Тем самым моя принадлежность к зоммерфельдовской школе на ближайшее время стала делом решённым».*

Будущий нобелевский лауреат, один из основоположников квантовой физики долгое время находился под воздействием первой беседы с учёным, по-настоящему разбирающимся в современной ему физике, лично сделавшим важные открытия в смежной области между теорией относительности и квантовой теорией, одним из самых успешных *«учителей физиков»* XX века. Переживая свою, такую важную для него встречу с Арнольдом Зоммерфельдом, определившую в дальнейшем во многом его судьбу в физике, Вернер Гейзенберг отмечал: *«Требование тщательности в мелочах было близко мне, потому что я в иной форме не раз слышал о нём от своего отца. Но меня угнетало сознание, что я всё ещё далёк от области, которой принадлежали мои подлинные интересы (теория атома. — Ю. В. Трушин). И тот первый разговор получил своё продолжение в нескольких моих последующих беседах с друзьями».*

Студента В. Гейзенберга волновали проблемы атомной физики, которые он успел усвоить как из популярных изданий, так и из книг, которые он прочёл во время болезни. Вот, что он говорил своим друзьям, в основном музыкантам: *«Самые интригующие проблемы лежат теперь в направлении теории атома. Здесь поднят принципиальный вопрос, почему в материальном мире мы снова и снова встречаем повторяющиеся формы и качества. Почему, например, такая жидкость, как вода, воссоздаёт себя каждый раз со всеми своими характерными свойствами, будь то при таянии льда, или при конденсации водяных паров, или при сгорании водорода. Прежняя физика всегда опиралась на этот факт, не понимая его.*



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)

Если считать, что материальные тела, скажем вода, составлены из атомов – и химия с успехом использует это представление, – то нет никакой возможности объяснить движение мельчайших частиц со столь высокой степенью устойчивости теми законами движения, которые мы изучали в школе под названием ньютоновской механики. Здесь должны поэтому действовать природные законы совершенно иного рода, заставляющие атомы каждый раз структурироваться и двигаться совершенно одинаковым образом, так что при любом способе своего возникновения вещество имеет одни и те же стабильные свойства».

Сам профессор Арнольд Зоммерфельд так рассказывал о своём студенте Вернере Гейзенберге: *«Отец Вернера Гейзенберга, профессор византийской литературы и языка в нашем университете, говорил мне, что его сын очень интересуется математикой и физикой. Когда я впервые встретился с молодым Гейзенбергом, он сказал, что прочитал книгу Вейля „Пространство. Время. Материя“ и что, как он думает, понял её. Я не нашёл ничего лучшего, как сказать ему: „Вот и хорошо, я как раз собираюсь прочесть курс элементарной механики в этом семестре. Вам следует аккуратно проделать упражнения; тогда Вы сами увидите, что Вы поняли, а что – нет“.*

Но уже в течение второго семестра, когда я читал курс гидродинамики, я дал согласие на публикацию его статьи о вихрях в „Physikalische Zeitschrift“. Я сказал своему коллеге, профессору Гейзенбергу: „Вы принадлежите к безукоризненной семье филологов, сами Вы являетесь прекрасным знатоком позднего греческого периода, Ваш тесть – специалист по Гомеру. Ну, а теперь Вы имеете несчастье наблюдать за неожиданным возникновением физико-математического гения в Вашей семье“. Вскоре после этого я опубликовал в соавторстве с молодым Гейзенбергом статью по интенсивности мультиплетов – с использованием принципа соответствия».

Арнольд Зоммерфельд познакомил своих студентов Вернера Гейзенберга и Вольфганга Паули. Через несколько дней Вернер Гейзенберг встретился с Вольфгангом Паули перед лекцией Арнольда Зоммерфельда. После лекции состоялась одна из их бесед. Вернер хотел узнать у Вольфганга, в какой мере обязан обладать искусством экспериментирования человек, собирающийся заниматься теорией. Как писал сам Вернер Гейзенберг, Вольфганг ответил так: *«Я знаю: Зоммерфельд во что бы то ни стало хочет немного обучить нас экспериментированию, но сам я к нему явно не способен; возня с аппаратурой мне вообще не по душе. Я отчётливо понимаю, что вся физика основывается на экспериментальных результатах, но когда эти результаты получены, то для большинства физиков-экспериментаторов физика, по крайней мере, сегодняшняя физика, оказывается слишком трудным предметом. Мы вынуждены поэтому прибегать к абстрактному математическому языку, а тут без основательной подготовки в области современной математики не обойтись. Так что поневоле приходится ограничивать себя и специализироваться в чём-то одном. Какое-то знание экспериментальной стороны здесь, разумеется, обязательно. Чистый математик, даже хороший математик, вообще ничего не понимает в физике».*

Второй вопрос Вернера в беседе будущих друзей был о значении теории относительности и атомной теории. При этом Вольфганг Паули подчеркнул, что специальная теория относительности полностью завершена и её остаётся просто изучить и применять, как любую старую физическую дисциплину. Про общую теорию относительности Вольфганг говорил, что она *«или приблизительно то же самое, эйнштейновская теория гравитации, ещё не завершена... Она явно неудовлетворительна в том отношении, что в ней на сотню страниц теории, начинённой труднейшими математическими выводами, приходится только один эксперимент. Поэтому здесь нет уверенности, правильна ли она вообще...»*



Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)

Атомная теория сейчас кажется мне, в принципе, намного более интересной. Датчанину Бору удалось связать удивительную стабильность атомов с квантовой гипотезой Планка, тоже, между прочим, пока ещё никем не понятой, а в последнее время Бор, похоже, готов предложить качественное понимание Периодической системы элементов и химических свойств отдельных веществ. Так что во всей этой области мы до сих пор пока блуждаем в густом тумане, и, пожалуй, пройдет целый ряд лет, прежде чем всё встанет на свои места.

Зоммерфельд надеется, что на базе экспериментов удастся выявить новые закономерности... Возможно, здесь быстрее сориентируется тот,

кто ещё не очень хорошо знает предшествующую физику в её величественной завершенности. Так что у тебя есть преимущество, но, разумеется, незнание ещё не гарантия успеха). Так, ехидно улыбаясь, один будущий нобелевский лауреат (1945) по-дружески поучал другого будущего лауреата (1932).

Первые два года студенчества Вернера Гейзенберга, по его же словам, *«протекали в двух совершенно разных мирах: в дружеском кругу молодёжного движения и в абстрактно-рациональной области теоретической физики»*. Обе сферы удовлетворяли молодого человека, активно занятого наукой, даже в дружеских беседах. В. Гейзенберг писал: *«На Зоммерфельдовском семинаре беседы с Вольфгангом Паули составляли важнейшую часть моих занятий... Наш общий интерес к физике был столь велик, что легко перевешивал различие интересов во всех других областях»*. Центральным предметом семинара Арнольда Зоммерфельда была атомная теория Нильса Бора. Из воспоминаний В. Гейзенберга: *«Никто, наверное, не принял бы подобных представлений (планетарная модель атома. – Ю. В. Трушин) всерьёз, если бы с их помощью не удавалось весьма успешным и точным образом объяснить целый ряд экспериментов. Естественно, нас, молодых студентов, прямо-таки завораживало смешение непостижимой мистики чисел (целочисленная кратность физических величин орбит электронов кванту действия М. Планка. – Ю. В. Трушин) и несомненного эмпирического успеха»*.

Вскоре после начала занятий А. Зоммерфельд предложил молодому В. Гейзенбергу обещанную задачу – сделать из некоторых экспериментальных данных выводы об орбитах исследуемых электронов и их квантовых чисел. Это оказалось не очень сложно, но начинающему учёному пришлось допустить в расчётах помимо целых квантовых чисел также их половины, что соответствовало имеющимся экспериментальным наблюдениям. Так что ко всем предыдущим элементам загадочности прибавился ещё один. Поэтому ещё с большей активностью продолжались дискуссии и на семинаре Арнольда Зоммерфельда, и между друзьями – Вольфгангом Паули и Вернером Гейзенбергом.

После одного долгого разговора об атомной теории Нильса Бора профессор Арнольд Зоммерфельд спросил своего студента Вернера Гейзенберга: *«Не желаете ли Вы лично познакомиться с Нильсом Бором? Он скоро прочтёт в Гёттингене цикл лекций о своей теории. Я туда приглашён и мог бы взять Вас с собой»*. Трудность с ответом у студента В. Гейзенберга объяснялась обычной студенческой финансовой проблемой. Как писал сам В. Гейзенберг: *«По-видимому, Зоммерфельд заметил, как тень этой заботы пробежала по моему лицу. Во всяком*



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

случае, он сказал, что берёт на себя связанные с моей поездкой расходы; естественно, мой ответ после этого мог быть только однозначным).

В начале лета 1922 года Вернер Гейзенберг вместе со своим учителем отправились в Гёттинген, где в университете должен был читать лекции по квантовой теории атома и Периодической системе элементов сам профессор Нильс Бор, которому тогда было 37 лет. Датский физик стоял на возвышении в переполненном зале, несколько смущённо улыбаясь. Вернер Гейзенберг вспоминал об этом так: *«Бор говорил довольно тихим голосом, с мягким датским акцентом, и когда он разъяснял отдельные положения своей теории, то выбирал слова осторожно, гораздо осмотрительнее, чем мы привыкли слышать от Зоммерфельда, и почти за каждым тщательно сформулированным предложением угадывались длительные мыслительные ряды, лишь начала которых высказывались, а концы терялись в полумраке чрезвычайно волновавшей меня философской позиции. Содержание лекции казалось и новым, и вместе с тем не новым. У Зоммерфельда мы изучали теорию Бора и потому знали, о чём идёт речь. Но все слова в устах Бора звучали иначе, чем у Зоммерфельда. Непосредственно ощущалось, что свои результаты Бор получил не путём вычислений и доказательств, а путём интуиции и догадок, и что теперь ему было нелегко защищать их перед гёттингенцами с их высокой математической выучкой (Рихард Курант, Давид Гильберг и Макс Борн были профессорами Гёттингенского университета. – Ю. В. Трушин). После каждой лекции начиналась дискуссия, и в конце третьей лекции я отважился сделать одно критическое замечание ... по результатам работы Крамерса, о которой мне пришлось докладывать на зоммерфельдовском семинаре».*

Нильсу Бору вопрос показался довольно принципиальным, и он после дискуссии подошёл к студенту В. Гейзенбергу и пригласил молодого физика на прогулку, *«чтобы обстоятельно обсудить поставленные мною вопросы».* *«Эта прогулка оказала сильнейшее воздействие на моё научное развитие, или даже, вернее сказать, всё моё научное развитие, собственно, и началось с этой прогулки»*, – писал позднее Вернер Гейзенберг. Во время прогулки в горы в беседе с Нильсом Бором были затронуты многие вопросы и понятия квантовой теории, и Вернер Гейзенберг отмечал: *«Наверное, Бор почувствовал, что за моими замечаниями стоят основательные занятия его теорией».* Постепенно Нильс Бор и Вернер Гейзенберг добрались до вершины горы Хайнберг и оттуда повернули к долине. *«Ну что же, – возобновил беседу Нильс Бор, – мы говорили с Вами о таком множестве сложных вещей, и я рассказал Вам, как сам пришёл в науку, но мне ещё ничего не известно о Вас. Вы выглядите ещё очень юным. Создаётся даже такое впечатление, как будто бы Вы начали с изучения атомной физики и лишь позднее освоили прежнюю физику и всё прочее. Похоже, Зоммерфельд очень рано ввёл Вас в этот приключенческий мир атомов. А как Вы пережили войну?»*

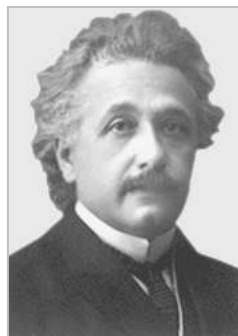
Вернер Гейзенберг рассказал, что, учась на четвёртом семестре, знает об общей физике очень мало, а на семинары Арнольда Зоммерфельда его привлекала именно запутанность, непонятность квантовой теории, что ему 20 лет, поэтому для службы во время мировой войны он был очень молод. Но в последний год войны, чтобы не слишком голодать, работал батраком на хуторе в предгорьях баварских Альп, кроме того, пережил опыт революционных боев в Мюнхенской республике.

Нильс Бор выразил желание поговорить ещё о физике, послушать о положении страны, которую он совсем не знал: *«Вы должны как-нибудь посетить нас в Копенгагене, а то и приехать к нам на более долгое время, чтобы вместе заниматься физикой. Тогда я и покажу Вам нашу маленькую страну и расскажу Вам о её истории»*. Подводя итог своего знакомства с Нильсом Бором, Вернер Гейзенберг писал: *«Так передо мной блеснуло будущее, полное новых надежд и возможностей»*. Нильс Бор всем стилем своего мышления оказал глубочайшее влияние на молодого Вернера Гейзенберга. Однако посетить Копенгаген и продолжить обсуждения с Нильсом Бором оказалось возможным лишь через два года.

Лето 1922 года закончилось для студента Вернера Гейзенберга посещением в Лейпциге лекции Альберта Эйнштейна, сопровождавшимся не очень приятными событиями как вокруг лекции (выступления против вздорной «еврейской» физики), так и воровством всех его вещей в дешёвой гостинице (опять извечное студенческое безденежье).

Следующий учебный семестр 1922 года Вернер Гейзенберг провёл в Гёттингене у Макса Борна. Затем в 1923 году защитил докторскую диссертацию по устойчивости ламинарного течения в жидкостях. Сдав заключительный экзамен в Мюнхене, Вернер Гейзенберг завершил своё образование.

Через год В. Гейзенберг опубликовал своё первое фундаментальное исследование по квантовой теории – статью *«О квантово-механическом толковании кинематических и механических связей»*. В этой работе он пытался выработать необходимые основы атомной механики, которая строилась бы исключительно на связях между принципиально наблюдаемыми величинами без применения моделей. Статья заложила фундамент так называемой матричной механики. При этом было вновь подтверждено эмпирическое требование: научно реализованы в физических теориях могут быть только действительно наблюдаемые и измеримые факты.



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)

Ещё один семестр Вернер Гейзенберг работал в Гёттингене ассистентом Макса Борна, с которым занимался проблемой аномального эффекта Питера Зеемана. Результаты своей работы В. Гейзенберг сообщил Н. Бору, который в дружеском письме вновь пригласил молодого физика к себе в институт, чтобы подробно обсудить все накопившиеся вопросы.

Вольфганг Паули, ближайший университетский друг Вернера Гейзенберга и суровый критик его работ и идей, 11 февраля 1924 года писал Нильсу Бору: *«Недавно я по случаю видел Гейзенберга на конференции в Брауншвейге... Когда я размышляю о его идеях, они кажутся мне кошмарными, и про себя я страшно браню их. Дело в том, что он очень нефилософичен. Он не заботится о том, чтобы основные допущения были ясно разработаны и связаны с предшествующими теориями. Когда же я разговариваю с ним, он мне очень нравится, и я вижу, что у него – по крайней мере, в душе – есть куча новых аргументов... Поэтому я очень рад, что Вы пригласили его в Копенгаген... Надо надеяться, он усвоит философскую установку Вашего мышления»*. Сам Вольфганг Паули испытал мощное влияние Нильса Бора, и, далеко не чуждый философии, он впоследствии глубоко понял философскую всеобщность боровского принципа дополнительности.

По словам Макса Борна, Вернер Гейзенберг *«отказался от представлений об электронных орбитах с определёнными радиусами и периодами обращения, потому что эти величины не могли быть наблюдаемы»*. Он заменил догадки математическим правилом. Это достижение Вернера Гейзенберга можно сравнить с результатом Альберта Эйнштейна, упразднившего в 1905 году понятие абсолютной одновременности.

Позднее сам Вернер Гейзенберг охарактеризовал мышление учёного, необходимое для разрешения новых физических проблем: *«На каждом существенно новом этапе познания нам всегда следует подражать Колумбу, который отважился оставить известный ему мир в почти безумной надежде найти землю за морем»*.

В 20-е годы XX века введённый Нильсом Бором принцип соответствия позволял в атомной физике скорее интуитивно угадывать правильные формулы, чем логично выводить их. Теория в то время была наполнена *«эрзацами классических понятий»*, гипотезами, весьма искусственными моделями и малопонятным математическим формализмом. Последний был особенно развит в гёттингенской школе Макса Борна, у которого в это время и работал Вернер Гейзенберг. Такая сложившаяся ситуация никого не удовлетворяла. Более других был обеспокоен отсутствием логических принципов Нильс Бор, для которого физическая осмысленность теории всегда стояла на первом месте.

И вот, наконец, в пасхальные каникулы 1924 года Вернер Гейзенберг прибыл в Копенгаген паромом из Варнемюнде. У него возникли некоторые трудности с багажом, которые без знания языка нелегко было преодолеть. Но как

только молодой человек сказал, что собирается работать в Институте теоретической физики профессора Нильса Бора, это имя открыло все двери и мгновенно устранило затруднения. *«Так, с первого же часа я ощутил над собой надёжное покровительство одной из сильнейших личностей маленькой дружелюбной страны»*, — вспоминал В. Гейзенберг.



*Институт теоретической физики
в Копенгагене*

Первые дни в институте Бора были нелёгкими для молодого физика. Он оказался среди большого числа блестяще одарённых молодых людей из самых разных стран, основательнее подготовленных в физике. К тому же Нильс Бор редко подходил к новому гостю, занятый заботами по руководству институтом. По прошествии нескольких дней Нильс Бор заглянул в комнату Вернера Гейзенберга и спросил, готов ли он сопровождать его в пешем походе по острову Зеландия, пояснив, что в институте очень мало возможностей для подробной беседы.

Наконец, Нильс Бор и молодой Вернер Гейзенберг отправились в путь, нагруженные лишь рюкзаками. Н. Бор расспрашивал о Германии, о том, как пережили мировую войну, показывал замки и рассказывал историю тех мест, по которым они проходили. Вернер Гейзенберг очень хотел обсудить несколько специальных вопросов своей недавней работы, но Нильс Бор предпочёл продолжить обсуждение общих оснований квантовой физики, которое они начали ещё в 1922 году в Гёттингене. В результате В. Гейзенберг *«осознал тот факт, что занятие физикой – нечто большее, чем суммирование определённого числа удачных вычислений, проведённых с помощью хитроумных выдумок»*. Он понял, что нуждается в философии, которой мог бы руководствоваться в дальнейшей работе, и в то же время он обрёл человека, который мог помочь ему усвоить такую философию. Много лет спустя Вернер Гейзенберг называл свою встречу с Нильсом Бором весной 1924 года *«даром небес»*.

В сентябре 1924 года Вернер Гейзенберг вновь приехал в Копенгаген для продолжения работы с Нильсом Бором. Здесь он оставался по апрель 1925 года. В. Гейзенберг был поражён особенностью мышления Н. Бора: тщательностью его работы с фразой, точностью формулирования мысли как метода и формы его мышления. Он был этому свидетелем, когда работал вместе с Н. Бором и его сотрудником Х. Крамерсом.



*Хендрик Крамерс
(1894–1952 (58))*



Поль Дирак
(1902–1984 (82))
Ноб. пр. 1933 (31)

Поль Дирак однажды сказал Вернеру Гейзенбергу: **«Бор должен был быть поэтом»**. Вернер Гейзенберг удивился: **«Почему поэтом?»** На что Поль Дирак ответил: **«Он слишком заботится о языке, всё время совершенствует язык. Он должен был писать стихи»**.

Точность вводимых определений и понятий в квантовой теории была очень важна на этом этапе. Теоретическое значение **«наблюдение»** может иметь, только если имеется определённое **«понятие»**, которое позволяет его так или иначе интерпретировать (а проще говоря, понять). Когда известная система понятий ставится под вопрос, то возникает ситуация, в которой проще непосредственно связывать экспериментальные наблюдения с формальными описывающими их математическими структурами. Именно такая понятийная ситуация и возникла у Вернера Гейзенберга, когда он раздумывал над возможностью последовательного описания атомных систем с помощью понятий, имевшихся в классической физике. В таком состоянии находился В. Гейзенберг на этапе своей работы весной 1925 года.

Из Копенгагена Вернер Гейзенберг возвратился в Гёттинген и продолжил свою работу приват-доцентом у Макса Борна, начав заниматься расчётом интенсивностей линий спектра водорода. Однако даже такая система оказалась сложной, и Вернер Гейзенберг **«увяз в непролазных дебрях сложных математических формул»** и **«стал искать математически более простую механическую систему, где можно было бы справиться с расчётами. Такой системой явился так называемый ангармонический осциллятор, принимаемый в атомной физике в качестве модели внутримолекулярных колебаний»**.



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)

В мае 1925 года Вернер Гейзенберг заболел сенной лихорадкой и вынужден был просить Макса Борна об освобождении на две недели от обязанностей в университете. Он поехал на остров Гельголанд в Северном море. Ежедневные прогулки в горы и через дюны к купальням на берегу, отсутствие поводов отвлекаться от своих размышлений и научных задач, что было бы невозможно в Гёттингене, позволили ему всего за несколько дней продвинуться в своём решении и найти простую математическую формулировку мучившего его вопроса. История эта похожа на знаменитую легенду о Ньюtone и яблоке. Новая идея сводилась к тому, что классический набор частот в простом ряде Фурье надо заменить квадра-

ной таблицей (матрицей). Проверка выполнимости закона сохранения энергии для всех членов матрицы энергии дала возможность Вернеру Гейзенбергу *«более не сомневаться в математической непротиворечивости и согласованности наметившейся тут квантовой механики»*. Таким образом, 23-летнему Вернеру Гейзенбергу удалось сформулировать первые положения квантовой механики, которую он понимал как самостоятельную, независимую от классической механики форму построения теории.

В. Гейзенберг писал 21 июня 1925 года своему другу и постоянному оппоненту Вольфгангу Паули: *«Я удивляюсь тому, что ты удивляешься „отказу от механики“. Если бы нечто такое, как механика, было бы справедливо, никогда нельзя было бы понять, что существует атом; справедлива как раз другая, „квантовая механика“, а удивляться надо только тому, что атом водорода относительно энергетических констант случайно совпадает с чем-то классическим»*. При этом он выдвинул в качестве основного принципа *«наблюдательность»* и уже 24 июня вновь писал Вольфгангу Паули: *«Говорить о своих собственных работах у меня нет почти никакой охоты, поскольку для меня многое ещё не ясно, и я лишь смутно догадываюсь о том: при вычислении некоторых величин, таких как энергия, частота и т. д., должны фигурировать только соотношения между принципиально контролируемыми величинами. Поэтому боровская теория для водорода представляется мне гораздо более формальной, чем теория дисперсии Крамерса»*.

Правила вычислений с таблицами были странными, но в них Макс Борн сразу же узнал правила умножения матриц. Первая работа Вернера Гейзенберга была окончена в июне 1925 года.

После возвращения Вернера Гейзенберга в Гёттинген Макс Борн и Паскуаль Йордан взялись за реализацию полученной Гейзенбергом новой возможности расчётов. В это же время в Англии молодой Поль Дирак разработал собственные математические методы решения возникших проблем.



Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)



Паскуаль Йордан
(1902–1980 (78))

За первой работой Вернера Гейзенберга появились статьи Макса Борна и Паскуаля Йордана, Поля Дирака, а чуть позже и *«работа трёх мужей»* – М. Борна, П. Йордана и В. Гейзенберга (поступила в редакцию 16 ноября 1925 года), в которых был завершён основной фундамент матричной механики. И через несколько месяцев интенсивной работы *«такого коллектива»* физиков была получена внутренне связанная теория, *«в отношении которой можно было надеяться, что она действительно удовлетворяет разнообразным экспериментальным данным атомной физики»*.

Вольфганг Паули в письме Хендрику Крамерсу 27 июля 1925 года выразил своё полное одобрение развитого Вернером Гейзенбергом подхода и отметил, что *«...особенно радует сам метод его действий и то устремление, которое лежит в основе его рассуждений... Я с радостью заметил также, что в Копенгагене Гейзенберг немного научился у Бора философскому мышлению и заметно отошёл от чистого формализма... Теперь я чувствую себя менее одиноким, чем всего лишь полгода назад, когда (духовно и пространственно) я обрелся в одиночестве между Сциллой числовой мистики мюнхенской школы и Харибдой реакционного копенгагенского путча, распространявшегося Вами»*. Здесь следует пояснить высказывание Вольфганга Паули: *«Сцилла»* – это полученные Арнольдом Зоммерфельдом формулы для расчёта спектральных линий, а *«Харибда»* – это статья Н. Бора, Х. Крамерса и Дж. Слэтера *«Квантовая теория излучения»*, из которой следовало, что закон сохранения энергии в применении к атомным процессам выполняется только статистически. Вольфганг Паули обнаружил главный *«философский»* пункт расхождения результатов работы Вернера Гейзенберга и мюнхенской и копенгагенской школ: следует модифицировать не понятие *«энергии»*, а понятия *«движения и силы»*. В этом и увидел Вольфганг Паули *«методический»* принцип Вернера Гейзенберга. Речь шла о понятиях, а не о способе обходиться без понятий.



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)

Сам же Вернер Гейзенберг был иного мнения на этот счёт и 24 ноября 1925 года писал Вольфгангу Паули: *«К сожалению, моя собственная философия далеко не столь ясная, она представляет собой неразбериху всевозможных моральных и эстетических правил вычисления, в которых я сам часто теряюсь»*.

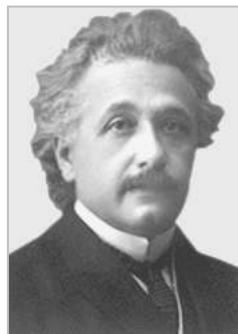
Уяснением для себя *«философской»* позиции, с которой ему открылась возможность последовательного и принципиального построения квантовой теории и выдвижения принципа наблюдательности, Вернер Гейзенберг обязан, по существу, Альберту Эйнштейну и Нильсу Бору. Уже в 1926 году в бе-

седе с Альбертом Эйнштейном Вернер Гейзенберг сказал, что *«идея наблюдаемых величин на самом деле взята из его теории относительно-сти»*. Основным контраргументом А. Эйнштейна было высказывание: *«Только теория решает, что именно можно наблюдать»*. Это замечание показывает ту черту, которая отличает экспериментальное исследование вообще от эмпирического.

Весной 1926 года Вернер Гейзенберг был приглашён в Берлин на коллоквиум физиков с докладом о недавно возникшей квантовой механике. Берлинский университет в те годы считался оплотом физической науки в Германии. В нём работали Макс Планк (Ноб. пр. 1918), Альберт Эйнштейн (Ноб. пр. 1921), Макс фон Лауэ (Ноб. пр. 1914), Вальтер Нернст (Ноб. пр., хим. 1920). Центром обсуждений успехов в физике являлся физический коллоквиум, который вёл свою историю ещё со времён Германа Гельмгольца и на который почти в полном составе приходили профессора-физики. Вернер Гейзенберг об этом писал так: *«Поскольку тут мне впервые представлялась возможность лично познакомиться с носителями прославленных имён, я не пожалел усилий, чтобы как можно яснее изложить понятия и математические основания новой теории, столь непривычные для тогдашней физики, и мне удалось пробудить интерес некоторых присутствовавших, особенно Эйнштейна. Эйнштейн попросил меня после коллоквиума зайти к нему домой с тем, чтобы мы могли подробно обсудить новые идеи»*.

Вернер Гейзенберг в беседе с Альбертом Эйнштейном понял, что работать без понятий, значит работать без понимания, не зная, *«что»* собственно наблюдается и рассчитывается. И если это *«что»* не может быть представлено классической идеализацией, то речь вовсе не идёт об отказе от понятий, а лишь о радикальном изменении *«способа образования понятия дискретного стационарного состояния»*. Он замечал позднее: *«Эти размышления были для меня совершенно новыми и произвели на меня тогда глубокое впечатление; впоследствии они также сыграли важную роль в моих собственных работах и оказались чрезвычайно продуктивными в развитии новой физики»*.

Анализируя далее историю квантовой механики именно как процесс развития понятий, Вернер Гейзенберг уточнял: *«История физики не есть только ряд последовательных экспериментальных открытий и наблюдений, к которым присоединяется их математическое описание, она есть также история понятий. Первой предпосылкой понимания феноменов является введение подходящих понятий. Только с помощью правильных понятий можем мы на самом деле знать, что мы наблюдаем»*.



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)



Эрвин Шрёдингер
(1887–1961 (74))
Ноб. пр. 1933 (46)



Луи де Бройль
(1892–1987 (95))
Ноб. пр. 1929 (37)

Когда первый сотрудник Нильса Бора Хендрик Крамерс принял приглашение занять должность профессора в Утрехтском университете, Вернер Гейзенберг изъявил готовность стать доцентом теоретической физики в Копенгагенском университете у Нильса Бора. И там он работал в 1926–1927 годах.

В конце летнего семестра 1926 года Арнольд Зоммерфельд пригласил на семинар в Мюнхен Эрвина Шрёдингера из Цюриха. Его работы стали известны в Гёттингене и в Мюнхене в первые месяцы 1926 года. Эрвин Шрёдингер развил идеи Луи де Бройля о том, что дуализм волновых и корпускулярных представлений, применимый в световых явлениях, может играть роль также и в материи, например для электронов. Он сформулировал в виде волнового уравнения закономерность, по которой волны материи распространяются под действием электромагнитного силового поля. *«Результаты, полученные Шрёдингером, – писал В. Гейзенберг, – очень хорошо соответствовали выводам новой квантовой техники, и Шрёдингеру очень скоро удалось доказать, что его волновая механика математически эквивалентна квантовой механике и что, следовательно, речь идёт о двух различных математических формулировках того же самого положения вещей. В этом смысле очень радовал новый поворот дела, поскольку тем самым значительно укрепилась уверенность в правильности нового математического формализма. Кроме того, методика Шрёдингера позволяла осуществить целый ряд вычислений, которые в квантовой механике были бы чрезвычайно сложными».*

Вернер Гейзенберг при исследовании атома гелия освоил методы расчётов Эрвина Шрёдингера. В отпуск из Копенгагена он поехал в Норвегию, где путешествовал по горам. Потом отправился к родителям в Мюнхен, чтобы попасть на семинар Арнольда Зоммерфельда, где с докладом должен был выступить Эрвин Шрёдингер. Доклад прошёл успешно. Однако в заключение Эрвин Шрёдингер представил своё истолкование волновой механики, рассматривая электрон в виде распределения плотности, которое описывается квадратом модуля волновой функции, полученной из решения волнового уравнения. При этом докладчик полагал, что этой информации об атоме достаточно, чтобы не рассматривать идею частиц и квантовых скачков. Это противоречило пониманию школой Нильса Бора процессов в атоме, о чём Вернер Гейзенберг сказал в дискуссии, но переубедить Эрвина

Шрёдингера не смог. Дома, в мрачном состоянии, он сразу же написал письмо Нильсу Бору, следствием чего, видимо, явилось приглашение Нильсом Бором Эрвина Шрёдингера приехать в сентябре 1926 года на одну-две недели в Копенгаген для обсуждения деталей истолкования квантовой и волновой механики. Эрвин Шрёдингер согласился, и дискуссия продолжилась через несколько месяцев уже в Копенгагене у Н. Бора.

Во время пребывания в Копенгагене Вернер Гейзенберг вёл с Нильсом Бором очень интенсивные споры о толковании квантовых явлений. Он писал позднее об этом периоде своей работы: ***«Я вспоминаю о многочисленных дискуссиях с Бором, которые длились до поздней ночи и которые мы заканчивали почти в полном отчаянии. И если я после таких дискуссий один отправлялся на короткую прогулку в соседний парк, то повторял снова и снова вопрос о том, может ли природа действительно быть такой абсурдной, какой она кажется нам в этих атомных экспериментах.»***

Усталость от постоянных напряжённых обсуждений во второй половине 1926 года сказывалась на обоих – и Нильсе Боре, и Вернере Гейзенберге, – и в феврале Нильс Бор решил взять отпуск, чтобы походить на лыжах в Норвегии. А Вернер Гейзенберг остался в Копенгагене, чтобы наедине поразмыслить над возникшими проблемами.

Размышления молодого немецкого физика привели его к вопросу о правильности утверждения, что в камере Ч. Вильсона можно наблюдать траекторию электрона. Ведь реально наблюдалась всё-таки не она сама, наблюдались некоторые дискретные следы положений электрона, не точно определённые. В камере-то видны лишь отдельные капли воды, которые заведомо гораздо протяжённее, чем сам электрон. ***«Поэтому, – вспоминал сам Вернер Гейзенберг, – правильно поставленный вопрос должен гласить: можно ли в квантовой механике описать ситуацию, при которой электрон приблизительно, т. е. с известной неточностью, находится в данном месте и при этом приблизительно, т. е. опять-таки с известной неточностью, обладает заданной скоростью, и можно ли эти неточности сделать столь незначительными, чтобы не впасть в противоречие с экспериментом?»*** Проведённый им прикидочный расчёт подтвердил возможность математически представить описанную ситуацию. Таким образом, Вернер Гейзенберг пришёл к пониманию, что невозможно не только практически, но и в принципе с одинаковой точностью одновременно установить место и величину движения атомной частицы. Только одно из этих двух свойств может быть определено точно. Чем точнее и определённое измеряют одну из двух величин, тем менее точной и определённой оказывается другая. Существование элементарного кванта действия служит препятствием для установления одновременно и с одинаковой точностью величин, которые ***«канонически связаны»***, т. е. положения и величины движения микрочастицы.

И вот как определял сам автор установленную им закономерность: ***«Произведение неопределённостей местоположения движения и количества движения частицы не может быть меньше кванта действия Планка»***. Так появилось соотношение неопределённостей в квантовой механике.

Вернер Гейзенберг провёл ещё несколько расчётов, что укрепило его уверенность в замкнутой цельности новой интерпретации, и он подытожил свои результаты в длинном письме к своему другу и критику Вольфгангу Паули, который прислал из Гамбурга одобрителный ответ.

Нильс Бор привёз из своего норвежского отпуска первый вариант созданного им принципа дополнительности, а Вернер Гейзенберг рассказал ему о соотношении неопределённостей. Обсуждения выявили отсутствие расхождений, и оставалось, как писал В. Гейзенберг, ***«только представить уже вполне понятое нами положение вещей так, чтобы, несмотря на свою новизну, оно стало бы понятным также и научной общественности»***.

В книге *«Физика атомного ядра»* Вернер Гейзенберг так охарактеризовал открытый им закон природы: ***«Никогда нельзя одновременно точно знать оба параметра, решающим образом определяющие движение такой маленькой частицы: её место и её скорость. Никогда нельзя одновременно знать, где она находится, как быстро и в каком направлении движется. Если ставят эксперимент, который точно показывает, где она находится в данный момент, то движение нарушается в такой степени, что частицу после этого даже нельзя снова найти. И, наоборот, при точном измерении скорости картина места полностью смазывается»***.

Соотношение неопределённостей есть выражение невозможности наблюдать мир атома, не разрушая его.

Осенью 1927 года состоялось два мероприятия – общая конференция физиков в Комо, где Нильс Бор выступил с итоговым докладом о новой ситуации, и Пятый Сольвеевский конгресс в Брюсселе по проблемам квантовой теории, куда по традиции Фонда Сольве была приглашена лишь небольшая группа специалистов. Поскольку все участники конгресса жили в одном отеле, то и обсуждения происходили постоянно, а не только в зале заседаний.

Альберт Эйнштейн, который не был готов к признанию статистического характера новой квантовой теории, стал придумывать мысленные эксперименты, поскольку не мог примириться с соотношениями неопределённостей, допустить принципиальную невозможность познания всех важных моментов, необходимых для полной детерминизации физических процессов. В этих мысленных экспериментах А. Эйнштейна соотношения новой механики уже не имели бы места, и он объявлял участникам эти примеры за завтраком. В течение дня поставленная задача активно обсуждалась, и вечером за ужином Нильс Бор был в состоянии доказать, что очередной предложенный эксперимент не ведёт к отмене принципа неопределённостей. Поскольку это продолжалось подряд несколько дней, друг А. Эйнштейна голландский физик

из Лейдена Пауль Эренфест сказал: *«Эйнштейн, мне стыдно за тебя; ведь ты споришь против новой квантовой теории теперь точно так же, как твои противники против теории относительности»*. Но А. Эйнштейна это тоже не убедило.

Вернер Гейзенберг отмечал в своих воспоминаниях очень важную вещь — силу привычности, которая оказалась присуща даже такому новатору в физике, как Альберт Эйнштейн: *«И снова мне стало ясно, как бесконечно трудно отказаться от представлений, которые до сих пор составляли основы нашего мышления и научной работы. Эйнштейн посвятил труд всей своей жизни исследованию объективного мира физических процессов, которые где-то там, вовне, в пространстве и времени, протекают независимо от нас по неизблемым законам. Математические символы теоретической физики были призваны, по его убеждению, изображать этот объективный мир и тем самым сделать возможным предсказания относительно его будущего поведения. А тут вдруг стали утверждать, что если углубиться в атомы, то такого объективного мира в пространстве и времени вовсе нет, и что математические символы теоретической физики изображают лишь возможное, а не фактическое. И в своей последующей жизни, когда квантовая теория давно уже и прочно стала составной частью физики, Эйнштейн тоже не смог изменить свою точку зрения»*.

Пятилетие после Сольвеевского конгресса 1927 года молодые физики, работавшие над развитием атомной теории, часто называли *«золотым веком атомной физики»*.

Поздней осенью 1927 года В. Гейзенберг получил приглашения от университетов Лейпцига и Цюриха занять должность профессора. 26-летний профессор выбрал Лейпциг, где в это время работал выдающийся физик-экспериментатор Питер Дебай. Давая согласие работать в Лейпцигском университете, Вернер Гейзенберг оговорил возможность отправиться на год в Соединённые Штаты Америки для чтения лекций о новой квантовой механике. Через два года он получил приглашение совершить поездку с чтением лекций в США, Японию и Индию.

В феврале 1929 года началась поездка профессора Вернера Гейзенберга по американским университетам. Лекции и встречи с американскими физиками проходили успешно и интересно, приводили к полезным совместным обсуждениям, к завязыванию научных связей и отношений. К концу пребывания в Америке Вернер Гейзенберг договорился с Полем Дираком, который в это время также был в США, возвращаться домой вместе. Поскольку у Вернера Гейзенберга были приглашения прочитать лекции в Японии и Индии, то физики проплыли через Тихий океан в Японию и затем через Индию вернулись в Европу.



*Питер Дебай
(1884–1966 (82))
Ноб. пр., хим. 1936 (52)*



Феликс Блох
(1905–1983 (78))
Ноб. пр. 1952 (47)



Лев Давидович Ландау
(1908–1968 (60))
Ноб. пр. 1962 (54)



Рудольф Пайерлс
(1907–1995 (88))

Долгое океанское путешествие из Сан-Франциско через Гавайи до Иокагамы было удобным временем для совместных бесед о науке. Вернер Гейзенберг писал об этих беседах: *«Готовность американских физиков принять отсутствие наглядности в новой атомной физике удивляла Поля гораздо меньше, чем меня. Он тоже воспринимал развитие нашей науки как более или менее плавный процесс, в котором гораздо важнее вопрос не только о понятийной структуре, укоренившейся на той или иной стадии развития, сколько о методе, который обеспечивал бы максимально верный и быстрый прогресс науки, ибо с прагматической точки зрения развитие науки есть непрерывный процесс приспособления нашего мышления к постоянно расширяющемуся полю опыта, и здесь немыслимо никакое завершение. Принципиально важным нужно поэтому считать не тот или иной временный итог, а сам метод приспособления к экспериментальным данным».*

В Лейпциге после возвращения из Америки началась активная разносторонняя деятельность молодого профессора Вернера Гейзенберга: лекции и практические занятия, модернизация крошечного Института теоретической физики, а на семинаре по атомной физике – знакомство молодых физиков с квантовой теорией. Но, несмотря на занятость, В. Гейзенберг старался поддерживать необходимую ему постоянную связь с, как он писал, *«копенгагенским кружком»*, уезжая каждые каникулы на несколько недель в Копенгаген. Новая физика XX века создавалась объединёнными усилиями учёных разных стран.

«Мой лейпцигский кружок, – писал В. Гейзенберг, – быстро разрастался в те годы. Высокоодарённые молодые люди из самых разных стран съезжались к нам, чтобы принять участие в развитии квантовой механики или приложить её к изучению структуры материи. Эти активные, открытые для всего нового физики обогатили наши семинарские дискуссии и почти каждый месяц расширяли сферу применения новых идей. Швейцарец Феликс Блох (1905–1983 (78); Ноб. пр. 1952 (47)) заложил основу понимания электрических свойств металлов, Л. Д. Ландау (1908–1968 (60); Ноб. пр. 1962 (54)) из России и Рудольф Пайерлс (1907–1995 (88)) спори-

ли о математических проблемах квантовой электродинамики, Фридрих Хунд (1896–1997 (101)) разрабатывал теорию химической связи, Эдвард Теллер (1908–2003 (95)) рассчитывал оптические свойства молекул. В возрасте едва лишь 18 лет к группе присоединился Карл Фридрих фон Вейцзеккер (1912–2007 (95)) и внёс философскую ноту в беседы».

В Германии нарастала политическая смута. Как это скажется на развитии физики, на судьбе самих физиков? *«Почти незаметно распространилось беспокойство, а с ним и страх также и в университетской жизни, и на факультетских заседаниях. Какое-то время я, – вспоминал В. Гейзенберг о начале 30-х годов XX века, – пытался не замечать опасности, игнорировал инциденты на улицах. Но действительность в конечном итоге все-таки сильнее, чем наши желания...».*

В 1932 году Вернера Гейзенберга вновь пригласили для чтения лекций в США, а в декабре этого же года профессор Гейзенберг был удостоен Нобелевской премии *«за создание квантовой механики, применение которой привело, помимо прочего, к открытию аллотропических форм водорода»*, которая была ему вручена в декабре 1933 года.

В январе 1933 года Адольф Гитлер был провозглашён канцлером Германии. А потом были последние счастливые каникулы в кругу друзей-физиков, и новый нобелевский лауреат вспоминал, что *«эти светлые дни остались в нашей памяти как прекрасное, но скорбное расставание с „золотым веком“ (атомной физики. – Ю. В. Трушин)».*

У Вернера Гейзенберга на альпийском лугу, у южного склона Больших Альп, была горная хижина, и на пасхальные каникулы 1933 года он пригласил туда покататься на лыжах Нильса Бора (Ноб. пр. 1922) с его сыном Христианом, Феликса Блоха (Ноб. пр. 1952) и Карла Фридриха фон Вейцзеккера. Опасность схода лавин в это время была уже большой. Вернер Гейзенберг встретил гостей на ближайшей железнодорожной станции, по дороге в хижину компания попала в лавину. Однако



*Фридрих Хунд
(1896–1997 (101))*



*Эдвард Теллер
(1908–2003 (95))*



*Карл Фридрих
фон Вейцзеккер
(1912–2007 (95))*

всё закончилось благополучно: они заночевали в посёлке и наутро пришли в хижину. Очистив от снега крышу, все разлеглись там под солнцем и, естественно, начали обмениваться новостями в своей науке. Именно здесь три нобелевских лауреата (уже состоявшиеся и будущий) обсудили фундаментальный результат Поля Дирака – открытие позитрона. На фотографии, которую Нильс Бор получил из Америки и захватил в горы, наблюдались следы частиц в камере Вильсона, которые однозначно подтверждали теоретический вывод Поля Дирака о существовании позитрона. **«Всем нам было ясно, – писал позднее Вернер Гейзенберг, – что перед нами данные большого потенциального значения».** И это, несомненно, верно, ведь сегодня мы говорим об антиматерии, первым проявлением которой у физиков оказался позитрон.

Нацизм надвигался, разрушение шло повсеместно и полным ходом, погромы происходили во всех городах страны. Многие из учёных уже покинули Германию или готовились к бегству. Феликс Блох, ассистент В. Гейзенберга, тоже решил эмигрировать. Профессор Вернер Гейзенберг задавался очень важным, жизненным вопросом: **«Имеет ли моё дальнейшее пребывание в Германии разумный смысл?»** Вопрос был очень актуален, потому что в гитлеровской Германии сам учёный неоднократно подвергался политическим нападениям. Уже в конце 1933 года, когда Вернер Гейзенберг вернулся из Стокгольма после получения Нобелевской премии, студенты-нацисты пытались устроить в аудитории манифестацию. Физик И. Штарк, задававший тон национал-социалистической политике в отношении науки, неоднократно порочил Вернера Гейзенберга как *«белого еврея»*, а в 1937 году в злобной статье в одной из эсэсовских газет потребовал принятия соответствующих мер к учёному.



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)

Только в силу случайного счастливого стечения обстоятельств, а также из-за международного признания, которым пользовался Вернер Гейзенберг как знаменитый физик, ему удалось избежать расправы. Однако жалоба В. Гейзенберга, которую он подал в Министерство по поводу подстрекательской статьи И. Штарка, нанёсшей ущерб его преподавательской деятельности, осталась без ответа. В одном из писем руководителя Министерства народного образования Саксонии есть указание на причины этого. Там говорится, что В. Гейзенберг *«сам накликал на себя»* нападки Штарка *«из-за своего собственного, политически неблагонадежного поведения»* и что ему не следует прощать отказ *«подписать воззвание немецких профессоров к фюреру»*.

Несмотря ни на что, лейпцигские годы были для Вернера Гейзенберга достаточно плодотворными. Здесь он выдвинул идею о том, что атомное

ядро состоит из протонов и нейтронов. После открытия Дж. Чэдвиком в 1934 году нейтрона В. Гейзенберг развил эту идею (независимо от Д. Д. Иваненко). Много занимался Вернер Гейзенберг космическим излучением, открытым в 1911 году австрийцем Виктором Францем Гессом (1883–1964 (81); Ноб. пр. 1936 (53)).

Нападки И. Штарка помешали Вернеру Гейзенбергу стать преемником своего учителя Арнольда Зоммерфельда в Мюнхене, хотя он и получил приглашение занять освободившееся место.

В Лейпцигском университете был внезапно лишён своего поста один из коллег В. Гейзенберга по факультету математик профессор Леви, которого по закону должны были оставить в покое, поскольку в Первую мировую войну он получил много высоких знаков отличия. Возмущение среди молодых членов факультета (Вернер Гейзенберг, Фридрих Хунд, математик Ван дер Верден) было настолько велико, что они хотели оставить свои университетские посты и побудить к такому же шагу как можно большее число своих коллег. Но Вернер Гейзенберг хотел сначала *«обсудить наш план с человеком старшего поколения, располагавшим нашим полным доверием. Я попросил поэтому Макса Планка принять меня и посетил его у него дома на Вангеништрассе в Грюневальде под Берлином».*

Встреча с Максом Планком началась с рассказа о его встрече с Гитлером, который поверг великого физика в ожидание конца Германии. План молодых лейпцигских физиков демонстративно уйти из университета Макс Планк не поддержал, он *«был убеждён в безуспешности такого поступка».* Далее он сказал молодому физику очень важные слова: *«Вы, к сожалению, сильно переоцениваете влияние университетов и людей духовной закалки. Общество практически ничего не узнает о Вашем шаге... Так что Ваш шаг будет иметь последствия для Вас самих вплоть до самого конца катастрофы. Если Вы уйдёте в отставку, Вам в лучшем случае придётся искать места за границей. Если Вы не подадите в отставку и останетесь здесь, перед Вами встанет задача совсем другого рода... Вы сможете попытаться вместе с другими образовывать островки устойчивости. Вы сможете собирать вокруг себя молодых людей, показывать им, как делают настоящую науку, и тем самым сохранять в их сознании старые верные масштабы...»*



Джеймс Чэдвик
(1891–1974 (83))
Ноб. пр. 1935 (44)



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

Я убеждён, что даже небольшие группы одарённых молодых людей, в которых удастся сохранить такой дух, пока длится страшное время, сыграют после его конца огромную роль в восстановлении научной работы в Германии... Это, конечно, будет очень трудно и небезопасно, а компромиссы, на которые тут придётся пойти, будут с полным правом поставлены Вам же в вину, и за них, возможно, придётся расплачиваться... Какое решение ни прими, всё равно участвуешь в несправедливости того или иного рода. Поэтому каждый в конце концов должен действовать в одиночку, взять всю ответственность на себя. И принимая решение, думайте о времени, которое наступит потом».

Наверное, старый учёный так подробно объяснял все сложности положения учёных в гитлеровской Германии молодому нобелевскому лауреату потому, что сам не сомневался, что должен остаться и как неприменный секретарь Прусской академии наук, и как президент Общества кайзера Вильгельма, которое объединяло 35 институтов. А сколько учёных остались, которым авторитет самого Макса Планка мог бы помочь? Вероятно, эта надежда давала ему право так говорить, хотя он и заметил: *«Однако в такой чудовищной ситуации, какую мы наблюдаем сейчас в Германии, поступать правильно уже просто невозможно. Давать и выслушивать советы уже не имеет смысла».*

Вопрос выбора – всегда трудный вопрос, решение его даётся нелегко. По дороге в Лейпциг Вернер Гейзенберг, анализируя свой разговор с Максом Планком, повторяя отдельные его части и суждения, *«принял решение, по крайней мере на ближайшее время, остаться в Германии, в Лейпцигском университете, и посмотреть, куда приведёт в дальнейшем этот путь».*

Во второй половине 30-х годов, несмотря на *«катастрофу в Германии»*, как называл время нацизма в Германии Макс Планк, атомная физика продолжала бурно развиваться. Те усилия, которые были предприняты для объяснения физики электронной оболочки атома, в результате чего родилась и развивалась квантовая механика, направили усилия физиков дальше – в глубь атома, в его ядро. Достижения экспериментаторов, особенно с созданием циклотрона, одного из первых ускорителей частиц, подстёгивали теоретиков к разработке и пониманию физических процессов в ядре атома.

Вернер Гейзенберг в это тяжёлое время включился в работы по теории ядра и элементарных частиц, взяв на вооружение свой уникальный опыт, позволивший ему быть в составе передовой интернациональной группы учёных, разработавших основы квантовой механики. Теперь эти же физики обратили своё внимание на проблемы атомного ядра, которым уже довольно продолжительное время занимались англичане во главе с Э. Резерфордом, французы в Институте радия в Париже во главе с двумя поколениями Кюри, Э. Ферми в Риме, О. Ган и Л. Мейтнер (1878–1968 (90)) в Берлине. Теоретик Вернер Гейзенберг совместно с Нильсом Бором принимали активное участие в решении актуальных вопросов физики атомного ядра.

К 30-м годам физики уже знали, что атомные ядра различных элементов – это как бы капли разной величины из ядерной материи, состоящие из протонов и нейтронов. Плотность этой протонно-нейтронной ядерной материи у ядер всех атомов примерно одинакова, но из-за сильного электростатического отталкивания протонов в тяжёлых ядрах число нейтронов несколько больше, чем число протонов. Подтвердилось предположение, что мощные силы, удерживающие ядерную материю от распада, не изменяются при перестановке протона и нейтрона. Эта симметрия между протоном и нейтроном проявляется ещё и в том, что многие ядра при β -распаде излучают электроны, а другие – позитроны. Подходы к рассмотрению поведения нуклонов (протонов и нейтронов) в ядре у лейпцигской группы и у Нильса Бора оказались несколько различными. Поэтому между осенью 1935 и осенью 1936 годов Вернер Гейзенберг ездил на несколько недель в Копенгаген.

Нильсу Бору как почётному гражданину датским государством из средств фонда Карлсберга был предоставлен дом, который в течение многих лет играл исключительную роль как место встречи физиков-атомщиков. Случилось так, что одновременно в доме Боров гостили Вернер Гейзенберг и лорд Эрнест Резерфорд – учитель Нильса Бора, «отец современной атомной физики», как его стали позже называть. Беседы троих выдающихся учёных во время их прогулок, конечно, были посвящены результатам новейших экспериментов и обсуждениям представлений о строении атомного ядра. Основной вопрос, который волновал трёх нобелевских лауреатов, состоял в том, как будет вести себя частица, попавшая внутрь ядра, и к чему это должно привести. Вопрос, как мы теперь знаем, был не праздный, а очень важный и принципиальный. Ведь уже опыты в лаборатории Эрнеста Резерфорда по бомбардировке ускоренными протонами атомных ядер лёгких элементов намекали на некоторые преобразования ядра, когда в него попадает частица. Из бесед учёных становилось ясным, что результат взаимодействия облучающей частицы с ядром связан с поведением в ядре нуклонов: движутся ли нуклоны в ядре свободно и независимо друг от друга (как предполагали лейпцигские физики) или взаимодействие отдельных элементов ядра существенно (как считал Нильс Бор). Уже в этой беседе были, пока очень бегло, обсуждены вопросы выделения энергии при соединении ядер лёгких элементов (например, четырёх ядер атома водорода с ядром атома гелия). Сразу же был поднят вопрос протекания таких реакций синтеза при очень высокой температуре, когда никакое вещество камер, где должна идти такая реакция, существовать в твёрдом состоянии не может. Даже лорд Эрнест Резерфорд, подытоживая дискуссию, сказал:

«Так что, с точки зрения энергии, экспериментирование с атомными ядрами до сих пор остаётся чисто проигрышным предприятием. Разговоры о



Эрнест Резерфорд
(1871–1937 (66))
Ноб. пр., хим. 1908 (37)

техническом применении энергии атомного ядра – полная чушь». Вернер Гейзенберг вспоминал: **«Мы легко сошлись на этом мнении, и никто из нас не подозревал тогда, что через несколько лет открытие расщепления ядра урана Отто Ганом в корне изменит ситуацию».**

В Лейпциге Вернер Гейзенберг провёл расчёты взаимодействия быстрых протонов с атомным ядром, что показало, как и предполагал Нильс Бор, разогрев атомного ядра от удара. Эксперименты с потоками протонов космических лучей привели к такому же результату. В семинарах в Лейпциге часто участвовал и Карл Фридрих Вейцзеккер, который работал ассистентом Лизе Мейтнер в институте Отто Гана в Далеми. Он теоретически доказал, что в звёздах как раз и происходят реакции между ядрами лёгких атомов и что их громадная энергия создаётся в результате протекания таких реакций синтеза.

В эти годы Вернер Гейзенберг был занят не только теорией атомного ядра, но и пытался лучше понять природу элементарных частиц, о которой он думал с памятных лыжных каникул на склонах Альп и бесед на крыше хижины об электронах и позитронах, получающихся из энергии электромагнитного излучения: **«Было естественно предположить, что возможны и другие процессы этого рода, и мы пытались представить, какую роль могут эти процессы играть при столкновении элементарных частиц высоких энергий».**

Фашистский режим в предвоенные годы в Германии настолько укрепился, что об улучшении положения в стране уже нельзя было и думать. Взаимопонимание между людьми затруднялось, что очень осложняло жизнь. Все жили ожиданием катастрофы для Германии, а это делало для профессора Вернера Гейзенберга **«ясной непомерную трудность задачи, которую я поставил перед собой после своего визита к Планку».**

Каждый, даже всемирно известный учёный, обязан был в Германии собирать деньги для бедных, продавая на улицах значки благотворительной помощи. Такая деятельность входила в ряд тех унижений и компромиссов, которые приходилось терпеть гражданам Германии в те времена, хотя при этом можно было, наверное, сказать, что в собирании денег для бедных нет ничего плохого. **«Двигаясь взад и вперёд с кружкой для пожертвований»,** – писал нобелевский лауреат профессор Вернер Гейзенберг о своих переживаниях в январе 1937 года, **– я пребывал в состоянии полного отчаяния – не из-за вынужденного жеста подчинения, что казалось мне малозначительным, а из-за полной бессмысленности и безнадёжности того, что делал я сам и что разыгрывалось вокруг меня».** А вечером того же дня в доме издателя Бюкинга физик В. Гейзенберг должен был вместе со своим другом юристом Якоби, отличным скрипачом, и хозяином дома в качестве виолончелиста играть соль-мажорное трио Бетховена. Встретив в доме Бюкинга молодую слушательницу, которая **«сумела уже при первом разговоре со мной развеять наваждение, сделавшее для меня всё таким далёким в тот странный день»**, Вернер Гейзенберг успешно сыграл, а через несколько месяцев он женился на этой слушательнице – Элизабет Шумахер

и о своей дальнейшей жизни написал: *«Так жизнь началась снова, и мы могли уже вдвоём готовиться к тому, чтобы выстоять в надвигающейся грозе».*

Летом 1938 года Вернер Гейзенберг должен был в течение двух месяцев нести военную службу в составе горных стрелков, готовых для переправки к чешской границе. К концу года в науке о ядре произошли очень важные, коренные изменения. Долгая дискуссия Энрико Ферми, Ирен и Фредерика Жолио-Кюри и Отто Гана, касавшаяся интерпретации экспериментальных результатов, полученных ими, привела Отто Гана к постановке совместно со своим учеником Фридрихом Штрассманом решающего эксперимента. О результатах этой работы на одном из семинаров в Лейпциге рассказал приехавший из Берлина К. Вейцзеккер. Оказалось, что Отто Ган при бомбардировке атомов урана нейтронами обнаружил среди конечных продуктов ядерной реакции барий. Объяснение этому как деление ядра, данное в январе 1939 года эмигрировавшей из Германии после захвата Австрии в 1938 году Лизе Мейтнер и её племянником Отто Фришем, обсуждалось в дискуссиях на семинаре В. Гейзенберга в Лейпциге. Там также стала понята возможность цепной реакции из-за нагрева распавшихся частей уранового ядра (расчёты В. Гейзенберга 1935–1936 годов), а значит, их испарения и отдачи поверхностью нескольких нейтронов. *«Мы понимали, — писал Вернер Гейзенберг, — что потребуются ещё много экспериментальной работы, прежде чем подобные фантазии можно будет считать настоящей физикой. Но уже разнообразие возможностей захватывало и вместе с тем пугало нас. Год спустя мы непосредственно встали перед вопросом технического применения атомной энергии в машинах или в атомном оружии».*

Весной 1939 года, когда в Германии очень сильно ощущалась опасность приближающейся военной катастрофы, Вернер Гейзенберг начал искать для своей семьи дом в горах, где жена и уже появившиеся дети



*Энрико Ферми
(1901–1954 (53))
Ноб. пр. 1938 (37)*



*Ирен (1897–1956 (59))
Ноб. пр., хим. 1935 (38)
и Фредерик (1900–1958 (58))
Ноб. пр., хим. 1935 (35) Жолио-Кюри*



*Отто Ган
(1879–1968 (89))
Ноб. пр., хим. 1944 (65)*

смогли бы найти более или менее спокойное жилище, когда начнутся бомбёжки и разрушения городов. Ему удалось найти такой дом в Урфельде на озере Вальхензее. До наступления войны В. Гейзенберг хотел успеть также повидаться со своими друзьями в Америке, пояснить ситуацию с принятым им решением не эмигрировать, понимая, что война разделит даже самых близких единомышленников, и надеялся на их помощь после катастрофы.

Летом 1939 года Вернеру Гейзенбергу удалось с помощью друзей организовать лекции в американских университетах Анн Арбора и Чикаго. Там он встретил Энрико Ферми, с которым в своё время работал на семинаре Макса Борна в Гёттингене и который, после получения Нобелевской премии по физике за 1938 год в Стокгольме, эмигрировал с семьёй в январе 1939 года в США. На этой встрече Энрико Ферми прямо спросил Вернера Гейзенберга: **«Что Вы ещё делаете в Германии? Предотвратить войну Вы не в силах, а будете только делать ненужные Вам вещи и брать на себя нежеланную Вам ответственность... А здесь Вы начали бы новую жизнь. Смотрите, вся эта страна создана европейцами... В Италии я был большим человеком, здесь я снова молодой физик, и это вне всякого сравнения лучше. Почему бы Вам тоже не сбросить с себя весь этот балласт и не начать всё сначала? Вы прекрасно могли бы заниматься здесь физикой... Зачем Вам отказываться от такого счастья?»** Ответ Вернера Гейзенберга своему ровеснику (38 лет) и коллеге, не менее известному в физике, чем он сам, был следующим: **«Вы выражаете мои собственные чувства, а перспектива выбраться из европейской тесноты на этот простор соблазняет меня ещё со времён моей первой поездки сюда десять лет назад. Возможно, мне лучше было бы эмигрировать тогда. Но, в конце концов, я решил собрать вокруг себя там, в Европе, кружок молодых людей, которые хотели бы работать над новым в науке, а потом после войны вместе с другими смогли бы содействовать возрождению настоящей науки в Германии. Я чувствовал бы себя предателем, если бы оставил сейчас этих молодых людей в беде. Молодым ведь эмигрировать гораздо труднее, чем нам. Им не так легко найти здесь место, и с моей стороны было бы низко использовать эту возможность просто для одного себя»**. Дискуссия, начатая Э. Ферми, затронула и вопросы атомной физики, и её развитие в атомную и военную технику, стимулируемое в военное время правительствами. Признавая громадную опасность такого развития, В. Гейзенберг предположил, что **«война кончится** (поражением Гитлера, по мнению Гейзенберга. – Ю. В. Трушин) **прежде, чем дело дойдёт до технического применения атомной энергии»**.

Вопрос об эмиграции был поднят ещё раз при очередной встрече, на что Вернер Гейзенберг сказал: **«По-моему, человек должен быть последователен в своих решениях. Каждый из нас от рождения принадле-**

жит определённой среде, определённому языковому и мыслительному пространству, и если он не оторвался от этой среды в достаточно раннем возрасте, то он всего лучше осуществляется как личность в этом пространстве и здесь может всего успешнее действовать. А исторический опыт говорит, что каждая страна рано или поздно сталкивается с социальными потрясениями и войнами, и едва ли уж так разумно советовать в таких случаях сразу эмигрировать. Ведь не могут же эмигрировать все». Ни Энрико Ферми, который сам недавно эмигрировал из фашистской Италии Муссолини, ни декан физического факультета Колумбийского университета профессор Джордж Пеграм (1876–1958 (82)), с которым у В. Гейзенберга также был разговор, не поняли его мотивов против эмиграции из Германии, и они *«считали просто непостижимым, что кто-то хочет вернуться в страну, поражение которой в надвигающейся войне для него несомненно».*

В августе 1939 года семья Гейзенбергов занималась обживанием своего нового загородного дома в Урфельде, а 1 сентября началась война с Польшей. Через несколько дней профессор В. Гейзенберг получил приказ о призыве в управление вооружений сухопутных войск в Берлине, где он узнал, что *«вместе с группой других физиков должен работать над вопросом технического использования атомной энергии».* В этой же группе в Физическом институте в Берлине оказался и Карл Фридрих фон Вейцзеккер. Они вместе приняли решение не отходить от контроля урановой проблемы, чтобы она не попала в другие руки, а использовать эту возможность в первую очередь для сохранения работавших с ними молодых людей от гибели на фронте.

В связи с работой в Берлине по атомной тематике Вернер Гейзенберг был назначен профессором Берлинского университета. О своей работе в период войны В. Гейзенберг писал: *«После открытия расщепления ядра Отто Ганом в 1938 году следствием войны оказалось то, что я вместе с моими сотрудниками должен был заниматься конструированием атомных реакторов. Несмотря на то, что в начале я был далёк от такой задачи, мой интерес в высшей степени возбудила открытая атомной физикой возможность получения огромных атомных источников энергии. Я считаю, что немецким физикам очень повезло в том, что ход войны и действия правительства исключали любую серьёзную попытку изготовления атомного оружия и тем самым избавляли физиков от тяжёлой ответственности за подобное деяние».*

Физикам было уже ясно, что природный уран вообще практически не пригоден для цепной реакции под воздействием быстрых нейтронов. Нужен уран-235, для получения которого потребуются невероятные технические затраты. И это были успокаивающие данные относительно того, что атомных бомб в ближайшее время не будет. Если использовать медленные нейтроны и природный уран, то нужны эффективные замедлители нейтронов,

не поглощающие их: либо тяжёлая вода, либо совершенно чистый графит. Поэтому можно спокойно работать над физикой цепной реакции в лабораторных условиях, а проблемы добычи урана-235 и изготовления замедлителей предоставить другим. Профессор Вернер Гейзенберг вынужден был заниматься научной работой как у себя в Лейпциге, так и в Берлине. Об этом он писал: *«Экспериментальная работа была относительно скоро предпринята в Лейпциге и в Берлине. Я прежде всего принял участие в исследовании свойств тяжёлой воды, с большой тщательностью подготовленном в Лейпциге, но часто ездил в Берлин, чтобы знакомиться там с исследованиями в Далемском институте кайзера Вильгельма, где работали несколько моих прежних сотрудников и друзей, – помимо Вейцеккера, прежде всего Карл Виртц».*

Вернер Гейзенберг старался поддерживать по-возможности научные связи с Нильсом Бором. Он придумал поездку в Копенгаген осенью 1941 года для чтения лекций, чтобы переговорить со своим учителем о вопросе создания атомной бомбы. В октябре 1941 года В. Гейзенбергу удалось по приглашению немецкого посольства в Дании, уже оккупированной Германией, прочесть там научный доклад. Конечно же, Вернер Гейзенберг посетил Нильса Бора в его знаменитом доме в Карлсберге, но опасную тему затронул лишь на вечерней прогулке. Из опасения того, что за Нильсом могла вестись слежка с немецкой стороны, В. Гейзенберг старался говорить очень осторожно и пытался намекнуть своему учителю и другу об имеющейся уже принципиальной возможности создания атомных бомб и **«что перед физиком встаёт вопрос, вправе ли он работать над этой проблемой».** Техническая ситуация была такова, что физики могли обосновать как возможность создания нового оружия в течение войны, так и противоположное. Вернер Гейзенберг, может быть, в не совсем удачной и понятной для Нильса Бора форме старался дать понять, что оставшиеся в Германии немецкие физики-атомщики не работают над использованием открытия Отто Гана в военных целях.



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

Действительность в дальнейшем показала, что даже в Америке при колоссальных финансовых, научных и технических затратах атомные бомбы были изготовлены только после окончания войны с Германией. *«Нильс, – писал в своих воспоминаниях Вернер Гейзенберг, – был в испуге от принципиальной возможности создания атомной бомбы и уже не воспринимал всей линии рассуждения; возможно также, что обоснованно горькие чувства по поводу оккупации его страны немецкими войсками помешали ему по-прежнему довериться взаимопониманию, связывающему учё-*

ных поверх государственных границ. Мне было очень больно видеть, сколь полной была изоляция, в которую ввергла нас, немцев, политика Германии, и осознавать, что суровая реальность войны способна прервать даже десятилетиями складывавшиеся человеческие отношения.

Для физиков-атомщиков в Германии ситуация упростилась сама собой, поскольку правительство Гитлера в июне 1942 года решило продолжать работы над проектом реактора лишь в скромных масштабах. Не было дано и приказа создать атомную бомбу. Поэтому *«вся последующая работа над урановым проектом стала подготовкой к послевоенному развитию мирной атомной техники».*

Вернер Гейзенберг находился в Берлине на одном из научных заседаний, во время которого 1 марта 1943 года началась бомбардировка города. После неё учёные оказались засыпанными в бомбоубежище. Выбравшись, Вернер Гейзенберг с биохимиком Адольфом Бутенандтом пешком отправились с Потсдамерштрассе в Далем и Фихтеберг, где у родителей жены остановился Вернер Гейзенберг. В их дом попала бомба, но к приходу В. Гейзенберга остались только небольшие противопожарные работы.

После возвращения из Берлина семья Гейзенберга переселилась из Лейпцига в дом на озере Вальхензее.

В это же время Институт физики кайзера Вильгельма в Берлин-Далеме подыскал себе запасную резиденцию на пустовавшей текстильной фабрике в маленьком городке Хейсингене в Южном Вюртемберге. Работы по урановому проекту продолжались теперь уже в Хейсингене, где собралась большая часть Берлинского института Вернера Гейзенберга и куда он отправился из Урфельда. У живописного городка Хайгерлох в горе был вырыт подвал, дававший хорошую защиту от всех воздушных налетов. Там предпринималась очередная попытка построить атомный реактор.

Однако профессор Вернер Гейзенберг должен был по служебным делам бывать и в Берлине.

19 июля 1944 года было совершено покушение на Гитлера. Об этом В. Гейзенберг узнал по радио, потому что поехал в это время из Берлина в Мюнхен и Кохель, а затем пешком добирался в Урфельд. Также по радио он узнал, что в заговоре участвовали его хорошие знакомые, с которыми он иногда проводил вечера в Берлине: ге-



Карта Германии.
На юге Хейсинген и Хайгерлох

нерал-полковник Бек (убит в военном управлении на Бандлерштрассе), министр Попитц, посол фон Хассель, Шуленбург, Йессен.

К весне 1945 года война подходила к концу. Вернер Гейзенберг договорился со своими сотрудниками, что, когда институту уже не будет грозить никакая опасность, он уедет на велосипеде, чтобы быть со своей семьёй при вступлении иностранных войск. В апреле пришло время отъезда. Французские танки уже обошли Хейсинген, и тогда ранним утром Вернер Гейзенберг отправился к семье, куда он добирался три дня, перейдя линию фронта. В дом Гейзенбергов 4 мая 1945 года ворвался американский полковник Пэш с несколькими солдатами западной группы войск, чтобы арестовать лауреата Нобелевской премии, известного физика-ядерщика, занимавшегося, по данным разведки, урановым проектом Германии.



Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)

Вернер Гейзенберг был перевезён вместе с другими физиками-атомщиками в Англию, где все они содержались несколько месяцев под арестом. Вот как писал об этом сам В. Гейзенберг: *«Мой плен после нескольких кратких пребываний в Гейдельберге, Париже и Бельгии свёл меня в конце концов в Фарм-Холле на долгое время с несколькими старыми друзьями и более молодыми сотрудниками нашего „уранового клуба“.* Среди них были *Отто Ган* (Ноб. пр., хим. 1944), *Макс фон Лауэ* (Ноб. пр. 1914), *Вальтер Герлах, Карл Фридрих фон Вейцзеккер, Карл Виртц*». Физикам не позволялись никакие контакты с внешним миром. Допрашивающие их американские физики лишь немного расспрашивали

немцев об их работах по проблемам атомной энергии. Но, естественно, у пленных физиков возникали вопросы о состоянии атомной проблемы в Америке и в Англии, поскольку в военное время не было никаких научных публикаций по этим вопросам. Неизменным ответом было, что там дело обстояло иначе, чем у немцев.

В Англии немецкие физики слышали по радио сообщение о том, что американцы сбросили атомную бомбу на Хиросиму. Их реакция описана Вернером Гейзенбергом: *«После обеда 6 августа 1945 года ко мне вдруг вошёл Карл Виртц и сказал о только что объявленном по радио сообщении, согласно которому на японский город Хиросиму сброшена атомная бомба. Сначала я не хотел верить этому известию; я достоверно знал, что для изготовления атомной бомбы нужны совершенно невероятные технические затраты, могущие достичь многих миллиардов долларов. Кроме того, я находил психологически маловероятным, чтобы столь хорошо известные мне атомные физики в Америке могли вло-*

жить все свои силы в подобный проект... Лишь вечером, когда радиокомментатор описал громадные технические усилия, вложенные в бомбу, мне пришлось признать тот факт, что успехи атомной физики, которую я живу в течение 25 лет, теперь оказались причиной гибели более чем ста тысяч человек. Понятно, что всех больше был поражён Отто Ган. Расщепление урана было его самым значительным научным открытием, оно явилось решающим и никем не предвиденным шагом в атомной технике... Потрясённый и разбитый, Ган ушёл в свою комнату, и мы серьёзно опасались, что он что-то сделает с собой».

Поражённые немецкие физики обсуждали между собой моральные, нравственные проблемы в занятиях атомной (ядерной) физикой. Сам Вернер Гейзенберг неоднократно подчёркивал ответственность физиков-атомщиков в деле предотвращения мировой войны. В его книге *«Физика и философия»* говорилось: *«Изобретение атомного оружия поставило и перед наукой, и перед учёными совершенно новые проблемы. Влияние науки на политику стало много больше, чем оно было перед мировой войной; и это обстоятельство налагает двойную ответственность на учёных, особенно физиков-атомщиков».*

Немецкие физики возвратились в Германию в январе 1946 года, и с этого времени началось восстановление научных исследований, о которых Вернер Гейзенберг и президент Общества кайзера Вильгельма Макс Планк говорили ещё в далёком 1933 году. Конечно, это оказалось более трудным, чем представлялось ранее. Восстановление научных институтов началось в Гёттингене, находившемся тогда в британской оккупационной зоне, с помощью британского командования. Семья Гейзенберга переселилась в Гёттинген, где два десятилетия назад состоялось такое важное знакомство с Нильсом Бором, а позднее была учёба у Макса Борна и Рихарда Куранта. Здесь же оказался уже почти 90-летний Макс Планк, перебравшийся в конце войны из Берлина к своим родственникам. Он продолжал трудиться вместе с более молодыми учёными над созданием организации, которая осуществляла бы функции бывшего Общества кайзера Вильгельма. Вернер Гейзенберг сумел арендовать дом рядом с домом Макса Планка и, как он писал, *«мы часто переговаривались с ним через садовую ограду, а вечерами он иногда заходил к нам в дом, когда мы занимались камерной музыкой».*

Летом 1947 года состоялась первая после войны встреча Вернера Гейзенберга с Нильсом Бором в Копенгагене, куда его отправили, опасаясь покушения на него русской разведки, что в дальнейшем не подтвердилось, но, тем не менее, встреча состоялась. Они вспоминали свою последнюю встречу в 1941 году, но, по словам В. Гейзенберга, *«вскоре мы оба по-*



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

чувствовали, что лучше не заклинять духов прошлого». (Следует вспомнить, что в 1939 году, после обсуждения результатов опыта Отто Гана в Америке, Нильсом Бором была предложена капельная модель ядра (независимо от Я. И. Френкеля), а в период создания американцами атомной бомбы в Лос-Аламосе Нильс Бор был там и сам участвовал в этой работе.) И, как и в прежние времена, прогресс в физике привёл учёных к обсуждению новых достижений. Нильс Бор получил из Англии фотографии траекторий элементарных частиц, которые он считал новым, ранее неизвестным видом частиц – π -мезонов, игравших с тех пор большую роль в физике элементарных частиц. Началась дискуссия о возможностях существования других видов частиц, которые до сих пор ускользали

от наблюдения. Таким образом, открылось новое поле для исследований, которыми Вернер Гейзенберг планировал заняться в Германии.

В. Гейзенберг вместе с физиологом Рейном из университета Гёттингена осенью 1947 года занимался созданием Исследовательского совета, призванного заботиться о налаживании в новой формирующейся Федеративной Республике тесной связи между федеральной администрацией и научными исследованиями.

Поскольку В. Гейзенберг всегда работал на самом пике теоретических исследований в физике и, будучи выдающимся теоретиком, а после Второй мировой войны крупным организатором науки и атомной техники в Западной Германии, он осознавал значение гуманитарного образования для современной эпохи. Выступая 13 июля 1949 года на столетнем юбилее Максимилиановской гимназии в Мюнхене, которую он в своё время окончил, Вернер Гейзенберг говорил о проблеме соотношения гуманитарного образования, естествознания и культуры: *«Несмотря на возражения тех, кто полагает, что в век техники и естественных наук гимназическое образование очень умозрительно и оторвано от жизни и что подготовка работников, ориентированных на практику, больше соответствует требованиям современной жизни, нужно позволять себе гуманитарное образование не только как своеобразную роскошь... Вся культурная жизнь связана с духовностью, зародившейся в античности и преобразованной началами христианства, что и создало современный научно-технический мир. Иными словами, во всех сферах современной жизни, если только – систематически, исторически или философски – мы входим в суть дела, мы наталкиваемся на духовные структуры, восходящие к античности или христианству».* Учёный отмечал, что практицизм поверхностен ещё и потому, что упускает то самое, что делает именно практическое отношение европейского человека к миру столь радикальным. И далее он писал: *«Вся сила нашей западноевропейской культуры проистекает и всегда проистекала из тесной связи практической деятельности*

с постановкой принципиальных проблем. Другие народы и культуры были столь же искушёнными в практической деятельности, как и греки, но что с самого начала отличало греческое мышление от других народов – это способность обращать всякую проблему в принципиальную и тем самым занимать такую позицию, с точки зрения которой можно было упорядочить пёстрое многообразие эмпирии и сделать его доступным человеческому разумению». Далее Вернер Гейзенберг продолжал: *«Справедливо говорится, что занятия античностью формируют в человеке такую шкалу ценностей, когда духовные ценности ставят выше материальных».*

В послевоенные годы одной из важных тем занятий профессора В. Гейзенберга была физика элементарных частиц. Он считал эту область современной физики наиболее перспективной, поскольку природа физических законов, которым подчиняются элементарные частицы, ещё мало изучена. Он говорил: *«В последнее время стало возможным сделать следующий шаг в атомной физике, ведущий от атомных ядер к мельчайшим единицам материи – атомным частицам. Здесь меня особенно привлекает возможность пробиться к центральному узловому пункту, в котором соединены естественные законы различных известных сфер опыта (механики, учения об электричестве, учения о теплоте, химии и т. д.), исходящие из единого закона природы для элементарных частиц».*

В начале лета 1952 года в Копенгагене состоялась конференция по вопросам строительства в Европе крупного ускорителя, которая вновь собрала друзей и коллег по атомной физике и явилась началом восстановления международных научных связей. Вернер Гейзенберг был очень заинтересован в этой конференции, он ожидал от создаваемого ускорителя новых экспериментальных данных по разным вопросам физики элементарных частиц. Конечно, такая встреча была и поводом для дискуссий с Нильсом Бором и Вольфгангом Паули, приехавшим из Цюриха. Обсуждения, происходившие в зимнем саду дома Нильса Бора, носили традиционный характер: *«Вполне ли понятна квантовая теория и сделалась ли интерпретация, которую мы нашли для неё здесь 25 лет назад, за это время общепризнанным, идейным достоянием физической науки?»* Вопросы, которые поднял Нильс Бор, были философского плана, поскольку здесь же в Копенгагене недавно проходила конференция философов, на которой Н. Бор сделал доклад об интерпретации квантовой теории.

Как и Нильс Бор, Вернер Гейзенберг много размышлял о физике и философии.

Поскольку физические результаты, полученные Нильсом Бором, Альбертом Эйнштейном, Вольфгангом Паули и Вернером Гейзенбергом, непосредственно примыкали к философскому пониманию природы, то следует заметить, что в споре философов и физиков термин *«философия»* понима-



Вольфганг Паули
(1900–1958 (58))
Ноб. пр. 1945 (45)



Ричард Фейнман
(1918–1988 (70))
Ноб. пр. 1965 (47)

ется обеими сторонами как своего рода теория (натурфилософская, метафизическая, методологическая), претендующая на возможности «**обобщать**» результаты конкретных наук или же с каких-то своих «**общих**» позиций решать многие научные проблемы. Если так понимать «**философию**», то следует обратиться к Ричарду Фейнману (1918–1988 (70); Ноб. пр. 1965 (47)), который в одной из своих лекций сказал: **«Эти философы всегда топчутся около нас, они мельтешат на обочинах науки, то и дело порываясь сообщить нам что-то. Но никогда на самом деле они не понимали всей глубины и тонкости наших проблем. Физика и философия – разные профессии. И не беда, что философы не разбираются в тонкостях физических проблем и не все физики понимают суть философских проблем. Беда, что философы, бывает, не понимают тонкость и глубину собственных проблем».**

Через десять лет после окончания войны разруха в западной части Германии, в Федеративной Республике, была преодолена, и нужно было задумываться об участии немецкой промышленности в развитии атомной техники. Осенью 1954 года по заданию федерального правительства Вернер Гейзенберг принимал участие в первых переговорах в Вашингтоне относительно возобновления таких работ в ФРГ. Он писал об этом: **«Тот факт, что в Германии во время войны не предпринималось никаких попыток создать атомную бомбу, хотя, в принципе, имелись необходимые для этого познания, оказал благоприятное воздействие на ход переговоров. Во всяком случае, нам разрешили строительство небольшого атомного реактора, и было похоже на то, что вскоре препятствия для мирной атомной техники в Германии совсем отпадут».**

В первую очередь вставала задача строительства экспериментального реактора, на котором физики и инженеры могли бы изучать технические проблемы этой новой области. На долю Карла Виртца, ученика Вернера Гейзенберга, руководившего отделением физики Института Макса Планка в Гёттингене, выпала важная роль в решении этой задачи. Вернер Гейзенберг предложил строить реактор вблизи Мюнхена. Однако правительство решило строить реактор и сопровождающие его службы и производства не в Баварии, а в Баден-Вюртемберге, в Карлсруэ. Поэтому Карлу Виртцу вместе с его специалистами по атомной технике было предложено выделиться из института в Гёттингене и переселиться в Карлсруэ. Карл Фридрих фон Вейцзеккер получил предложение занять должность профессора в Гамбургском университете, для Института Макса Планка в Гёттингене так-

же начали строить новое здание в Мюнхене. Наступало время расставания со старыми друзьями. Центр в Карлсруэ по мирному использованию атомной техники не входил организационно в Общество Макса Планка.

На первых порах В. Гейзенберга активно привлекал на совещания канцлер Конрад Аденауэр, но постепенно, когда стали обсуждаться не только вопросы мирного использования атома, но и подниматься вопросы обороны, для которых руководство ФРГ хотело иметь и атомную бомбу, сам В. Гейзенберг постарался меньше участвовать в таких мероприятиях. Наоборот, он стал одним из инициаторов выступления физиков против создания атомной бомбы в Германии. В конце ноября 1956 года в доме Гейзенберга состоялось совещание *«восемнадцати гёттингцев»*, как оно было названо позднее, на котором было составлено и подписано письмо министру обороны Й. Штраусу (до этого он был министром по атомной энергии), в котором физики обращались к общественности и объясняли ей опасность работ по созданию атомной бомбы в Германии.

К этому времени относится длительная болезнь Вернера Гейзенберга. Поэтому Карл Вейцеккер взял на себя инициативу. Постепенно Вернер Гейзенберг сосредоточивает свои усилия на теории элементарных частиц, где в то время возникли некоторые проблемы, и он предложил расширить метрику математического пространства в систематизации элементарных частиц. Эта задача оказалась довольно трудной, была связана с обширной перепиской и дискуссией Вернера Гейзенберга с Вольфгангом Паули. По причине ухудшения здоровья Вернер Гейзенберг вынужден был уехать из Гёттингена и пожить в Асконе у озера Лого Маджоре. Но и там, конечно, он не переставал работать и интенсивно переписываться со своим критиком и другом Вольфгангом Паули, который не соглашался с предлагаемыми Вернером Гейзенбергом подходами. В конце концов, после напряжённой работы, на которую ушло шесть недель, Вернеру Гейзенбергу удалось разобраться со специальной группой решений. Впоследствии оба физика называли этот период *«асконской битвой»*, которая закончилась миром и принесла научные плоды. После выздоровления Вернер Гейзенберг полностью погрузился в актуальные проблемы развивающейся теории элементарных частиц.

На конференции по атомной физике, состоявшейся в Падуде в 1957 году, происходили обсуждения открытия молодых американских физиков Т. Ли и Ч. Янга о нарушении симметрии при слабых взаимодействиях при испускании нейтрино и антинейтрино. Вольфганг Паули особенно интересовался данными по изучению нейтрино, поскольку он был первым, кто предсказал существование нейтрино в 1937 году. Оба друга, Гейзенберг и Паули, придавали огромное значение свойствам симметрии частиц, считая это проявлением свойств симметрии фундаментальных законов природы. После оба занялись поисками уравниения поля для описания материи, которое включа-



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)

ло бы все наблюдаемые в природе свойства симметрии. Работа эта длилась довольно долго, но не была завершена из-за смерти Паули в конце 1958 года.

Осенью 1958 года Институт физики и астрономии в Гёттингене, созданный В. Гейзенбергом после войны, был переведён в Мюнхен. В новом здании активизировались работы по теории поля и элементарных частиц.

Нильс Бор в сборнике, изданном в 1961 году в связи с 60-летием Вернера Гейзенберга, писал: ***«Перебирая мои воспоминания прежних лет, я от всего сердца хочу подчеркнуть, что шаг за шагом благодаря тесному сотрудничеству целого поколения физиков многих стран удалось, наконец, навести порядок в новой обширной сфере опыта. В этот период развития физической науки, который можно сравнить с чудесным приключением, Вернеру Гейзенбергу принадлежит выдающаяся роль».***

Великий физик XX века Вернер Гейзенберг скончался 1 февраля 1976 года.

ГЛАВА 8

ВОЛНОВАЯ ФИЗИКА

Луи де БРОЙЛЬ. Эрвин ШРЁДИНГЕР. Поль ДИРАК

Волны материи

Луи де БРОЙЛЬ
(1892–1987 (95); Ноб. пр. 1929 (37))

Принц Луи де Бройль родился 15 августа 1892 года. Он – потомок древнего французского аристократического рода. Юный Луи де Бройль обучался дома под руководством частных учителей-священников. После смерти отца в 1906 году старший брат Морис, ставший новым 6-м герцогом де Брольи, взял на себя заботу об образовании младшего брата. Луи учился три года в престижном лицее Жансон-де-Сайи. В школьные годы Луи де Бройль унаследовал титул принца Священной Римской империи. В 1909 году он получил степени бакалавра по философии и математике. Луи де Бройль хорошо учился по таким предметам, как французский язык, история, физика, философия, показывал средние результаты по математике, химии и географии, слабо владел рисованием и иностранными языками.

В восемнадцатилетнем возрасте Луи де Бройль поступил в Парижский университет, где поначалу изучал историю и право, однако вскоре разочаровался в этих дисциплинах. В то же время его не привлекала военная или дипломатическая карьера, обычная в его роду. По воспоминаниям Мориса де Бройля, известного в то время физика-экспериментатора, занимавшегося исследованием излучения, размышления Луи оказались направлены на нерешённые проблемы теоретической физики, тесно связанные с философией науки. Этому способствовало посещение курсов по специальной математике, чтение трудов Анри Пуанкаре и изучение материалов Первого Сольвеевского конгресса 1911 года, одним из секретарей которого работал Морис де Бройль. В результате чтения записей дискуссий, происходивших на конгрессе, как писал спустя много лет сам Луи де Бройль, он решил *«посвятить все свои силы выяснению истинной природы введённых за десять лет до этого в теоретическую физику Максом Планком таинственных квантов, глубокий смысл которых мало ещё кто понимал»*.



*Морис де Бройль,
6-й герцог Брольи
(1875–1960 (85))*



*Луи де Бройль
(1892–1987 (95))
Ноб. пр. 1929 (37)*

Луи де Бройль обратился к математике и теоретической физике. Однако у него сохранилась ярко выраженная склонность к историческим изысканиям. Занятия историей физики не были для Луи де Бройля, как для многих других крупных физиков, второстепенной деятельностью. Исторический смысл оказывался для него не случайным дополнением, а основным требованием всей его исследовательской работы. Во многих своих исследованиях Луи де Бройль исходил непосредственно из исторических соображений.

Идея о волнах материи также возникла у него, в конечном счёте, в результате размышлений над историей оптики, корпускулярно-волнового дуализма, дискуссий Исаака Ньютона и Христиана Гюйгенса.

Первая мировая война на многие годы прервала его учёбу. Долгое время студент-физик служил радистом на Эйфелевой башне в Париже. Лишь в 1920 году он смог снова приступить к исследованиям в лаборатории своего брата.

Уже в 1924 году принц Луи де Бройль в своей диссертации, которую защищал в Парижском университете, предположил: **«Следует полагать, что каждая корпускула сопровождается определённой волной и каждая волна связана с движением одной или многих корпускул»**. Это была удивительная и совершенно неожиданная концепция. Луи де Бройль писал **«о необходимости использовать волновые и корпускулярные представления не только в соответствии с учением Альберта Эйнштейна в теории света, но также и в теории материи»**. Вследствие этого понятия «корпускула» и «волна» должны применяться одновременно к излучению так же, как и к веществу.

Луи де Бройль считал: **«Электрон не может более рассматриваться как простая крупинка электричества; с ним следует связать волну»**.

Соотношение между энергией движущихся частиц и частотой колебания волнового движения передаётся константой Макса Планка. Она вместе с величиной движения определяет и длину волны. Как одному кванту света соответствует одна световая волна, так и частице материи должна, по мнению Луи де Бройля, соответствовать волна материи. Именно эта смелая мысль молодого физика о всеобщем **«дуализме»** волны и частицы позволила построить теорию, с помощью которой можно было охватить свойства материи и света в их единстве.



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

Кванты света становились при этом особым моментом всеобщего строения материи.

Первое квантовое условие Нильса Бора, которое ранее было непонятно, получило при этом простое объяснение. Постоянство в модели атома неизбежно вытекало из того обстоятельства, что объём электронных орбит является целочисленным, кратным длине волны электрона. В противном случае идущие друг за другом волны интерферировали бы, т. е. усиливались из-за наложения, или взаимно гасились.

В прошлом человек, занимавшийся историей Средних веков, Луи де Бройль сравнительно поздно обратился к физике (ему было тогда **32** года) и пошёл по собственному оригинальному пути.

Его экзаменатор Поль Ланжевен заинтересовался диссертацией Луи де Бройля, которая была опубликована в виде статьи *«Исследования по квантовой теории»*, и обратил на неё внимание Альберта Эйнштейна. Тот тоже чувствовал, что в идее Луи де Бройля что-то есть, и написал Максу Планку: **«Ты должен её прочитать; даже если она выглядит безумной, она всё же совершенно самобытна»**. Потом Альберт Эйнштейн упомянул о статье Луи де Бройля в примечании к своей теории о поведении газов при низких температурах.

Здесь-то статью и заметил Эрвин Шрёдингер. Он немедленно заинтересовался гипотезой французского исследователя. Но Луи де Бройль в своей работе не уточнил природы волн, которые он постулировал у частиц. Эрвину Шрёдингеру пришлось начать сначала. Его интересовало, были ли волны, сопровождающие перемещение электронов на орбитах, настоящими волнами, подобными волнам брошенного в воду камня, или они не более как математический образ.

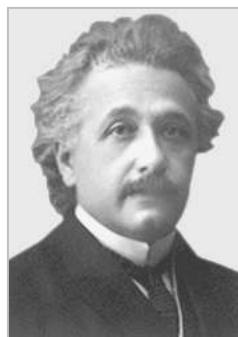
Прошло несколько лет, прежде чем удалось экспериментально обнаружить волны, предсказанные Луи де Бройлем.

В 1929 году Шведская академия присуждает Луи де Бройлю (в возрасте **37** лет) Нобелевскую премию по физике *«за открытие волновой природы электронов»*. В своём нобелевском докладе Луи де Бройль сказал, что его интерес к теоретической физике пробудил тот факт, **«что структура материи и структура излучений становились всё таинственней, по мере того как физику всё более и более завоёвывало странное понятие „квант“**.

По мнению Луи де Бройля, движущей причиной научно-исследовательской работы служит также и та *«святая любознательность»*, которую Альберт Эйнштейн рассматривал **«как первоисточник всех естественно-научных и технических достиже-**



Поль Ланжевен
(1872–1946 (74))



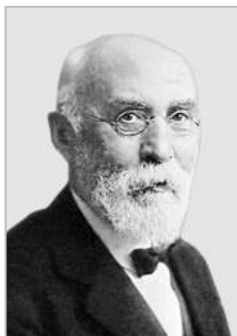
Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)



Эрвин Шрёдингер
(1887–1961 (74))
Ноб. пр. 1933 (46)



Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)



Хендрик Лорентц
(1853–1928 (75))
Ноб. пр. 1902 (49)



Луи де Бройль
(1892–1987 (95))
Ноб. пр. 1929 (37)

ний». Луи де Бройль считал справедливым требование, предъявляемое к естествоиспытателю Эрвином Шрёдингером: **«Быть способным удивляться и быть помешанным на догадках».**

Как и Альберт Эйнштейн, Луи де Бройль – это исследователь-теоретик, который размышлял в одиночестве над стоящими фундаментальными проблемами. Однако в то же время он являлся одним из самых блестящих преподавателей среди физиков новейшего времени. Его лекции отличались содержательностью и вместе с тем умелым распределением материала и артистически безупречным построением.

О том, насколько революционизирующе подействовало на старшее поколение физиков представление о волнах материи, свидетельствует речь, с которой в 1938 году выступил Макс Планк: **«Ещё в 1924 году г-н Луи де Бройль изложил свои новые идеи об аналогии между движущейся материальной частицей определённой энергии и волной определённой частоты. Тогда эти идеи были настолько новы, что никто не хотел верить в их правильность, и я сам познакомился с ними только три года спустя.**

Смелость этой идеи была так велика, что я сам, сказать по справедливости, только покачал головой, и я очень хорошо помню, как г-н Лорентц доверительно сказал мне: „Эти молодые люди считают, что отбрасывать в сторону старые понятия в физике чрезвычайно легко!“. И далее: **«Речь шла при этом о волнах де Бройля, о соотношении неопределённостей Гейзенберга – всё это для нас, стариков, было чем-то очень трудным для понимания. И вот развитие неизбежно оставило позади эти сомнения. Осенью ... 1927 года я лично познакомился с г-ном де Бройлем на 5-м Сольвеевском конгрессе в Брюсселе и был восхищён его скромностью и образованностью».**

Луи де Бройль писал: **«Мы никогда не должны забывать (история наук это доказывает), что каждый успех нашего познания ставит большие проблемы, чем решает, и что в этой области каждая новая открытая земля позволяет предполагать существование ещё не известных нам необъятных континентов».**

Как все глубокие мыслители, Луи де Бройль с недоверием относился к поспешным выводам. В предисловии к своей книге *«Свет и материя»* он писал: *«Крушение, которое в течение каких-то десятилетий потерпели прочно обоснованные принципы и, казалось, не менее основательные выводы, показывает нам, насколько осторожным надо быть при попытке построить общие философские заключения, опираясь на прогресс науки. Тот, кто замечает, что сумма нашего незнания намного превышает сумму нашего знания, едва ли чувствует себя склонным делать слишком поспешные выводы. Несмотря на это, однако, можно утверждать, что прогресс квантовой физики во многих отношениях открыл перед нами совершенно новые перспективы и что направление философских учений, как в близком, так и в отдалённом будущем, несомненно, будет находиться под её влиянием».*

В одной из своих первых работ Луи де Бройль требовал создания новой механики атома. Причём новая механика должна была иметь для старой механики такое же значение, как волновая оптика для лучевой оптики. Такую механику, получившую название волновой механики, вскоре создал Эрвин Шрёдингер.

Луи де Бройль был избран в 1933 году членом Парижской академии наук, и с 1942 по 1975 годы был её неперменным секретарём. Он много занимался историей науки.

Альберт Эйнштейн написал о Луи де Бройле: *«Де Бройль был первым, кто осознал тесную физическую и формальную взаимосвязь между квантовыми состояниями материи и явлениями резонанса ещё в те времена, когда волновая природа материи не была открыта экспериментально».*

Волновая квантовая механика

Эрвин ШРЁДИНГЕР

(1887–1951 (64); Ноб. пр. 1933 (46))

Эрвин Шрёдингер родился 12 августа 1887 года в Вене, *«в очень жизнерадостном и непринуждённом городе»*, как он сказал в своей нобелевской речи. Отец его, как и у К. Рёнтгена, и у А. Эйнштейна, был ремесленником. Предки его матери были выходцами из Англии, поэтому Эрвин в совершенстве говорил и писал по-английски.

Начальное образование Эрвин получил дома, а в 11 лет (1898) поступил в Академическую гимназию в Вене – первоклассную среднюю школу с классической программой обучения, включающей латинский и греческий языки. Эрвин любил древние языки, а также классическую немецкую и зарубежную поэзию, но наибольший интерес всё-таки вызывали



Академическая гимназия
в Вене



*Мемориальные доски на здании Академической гимназии:
«Эрвин Шрёдингер, лауреат Нобелевской премии по физике за 1935 год, ученик Академической гимназии с 1898 по 1905 гг.»;
«Лизе Мейтнер сдавала в 1901 г. экстерном выпускные экзамены в Академической гимназии в Вене. Она была одним из участников открытия и интерпретации расщепления ядра»*



*Мемориальная доска на здании Академической гимназии в Вене:
«Франц Шуберт был с 1808 по 1813 гг. учеником Академической гимназии»*

каким оно было произнесено, и взгляд коллеги произвели на меня такое впечатление, что я с самой первой встречи проникся убеждением, которое с течением времени становилось всё тверже: он – что-то особенное. Знакомство вскоре превратилось в дружбу, в которой Шрёдингер так же, как везде и всегда, был дающей стороной».

Школьные и университетские товарищи вспоминают о молодом Эрвине Шрёдингере как о страстном путешественнике и альпинисте. Подобно многим жителям австрийской столицы, он был постоянным посетителем Венского городского театра (Бург-театра), имевшего тогда мировую славу.

у него физика и математика. Склонность к естествознанию ярко проявилась у молодого Э. Шрёдингера еще в школьные годы, так что после «матуры» (так в Австрии называют выпускные экзамены) выбор профессии не составил затруднений. Стоит заметить, что в годы обучения Эрвина в Академической гимназии там экстерном сдавала экзамены за школьный курс Лизе Мейтнер (1878–1968 (90)), которая позже, в начале 1939 года, совместно с О. Фришем даст правильную интерпретацию результатов опыта О. Гана и Ф. Штрассмана по делению ядер урана. В этой же гимназии в начале XIX века учился будущий композитор Франц Шуберт.

В 1906 году Э. Шрёдингер поступил в Венский университет. Одарённость молодого Эрвина Шрёдингера сразу же поразила его университетских товарищей. Физик-теоретик Ганс Тирринг, который позднее в течение многих лет был профессором Венского университета, писал о своей первой встрече с Эрвином Шрёдингером: **«Во время зимнего семестра 1907–1908 годов я, ещё новичок, посещал библиотеку математического семинара. Однажды, когда в комнату вошёл светловолосый студент, мой сосед толкнул меня и сказал внезапно: „Это Шрёдингер“. Я никогда не слышал ранее этого имени, но уважение, с**

Преподавателями в университете, оказавшими наибольшее влияние на Эрвина Шрёдингера, были физик-экспериментатор Франц Экснер (1849–1926 (77)) и физик-теоретик Фридрих Газенорль (1874–1915 (41)).

Ф. Экснер был товарищем В. К. Рёнтгена в студенческие годы, а уже в 1908–1909 годах он – ректор Венского университета и до 1920 года – директор Физического института в Вене. Ф. Экснер занимался спектральным анализом, молекулярной физикой, диффузией, геофизикой и даже вёл некоторые теоретические исследования атмосферного электричества.

Ф. Газенорль, как раз в это время ставший преемником по кафедре Людвига Больцмана (1844–1906 (62)), занимался кинетической теорией, термодинамикой и статистической механикой, оптикой движущихся тел, теорией относительности, получил формулу Эйнштейна, отличающуюся на $4/3$, первый попытался интерпретировать на квантовой основе серию Бальмера. Он ушёл на фронт и погиб в 1916 году на итальянском фронте Первой мировой войны. Для Эрвина было очень важно стимулирующее влияние лектора, поскольку он, по собственному признанию, *«с трудом усваивал книжный материал»*. Таким блестящим преподавателем и был Ф. Газенорль. Именно ему, как говорил сам Шрёдингер в 1929 году, *«он обязан становлением своей личности как учёного»*. В 1933 году при получении Нобелевской премии по физике Э. Шрёдингер сказал: *«Если бы Газенорль не погиб, то он, конечно, стоял бы теперь на моём месте»*.

В 1910 году Э. Шрёдингер получил степень доктора философии. Работы Э. Шрёдингера этого периода посвящены проблемам статистической физики, диэлектрикам, магнетизму, а после открытия Максом фон Лауэ дифракции рентгеновских лучей в кристаллах Э. Шрёдингер начал работать (в 1912 году) над их теорией.

В 1911 году Э. Шрёдингер работал ассистентом у Франца Экснера в Институте экспериментальной физики. В его обязанности входило проводить со студентами практикум по физике. Это было отличной школой, о которой Э. Шрёдингер всегда вспоминал с благодарностью.



Франц Экснер
(1849–1926 (77))



Фридрих Газенорль
(1874–1915 (41))



Эрвин Шрёдингер
(1887–1961 (74))
Ноб. пр. 1933 (46)



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)



Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)



Поль Дирак
(1902–1984 (82))
Ноб. пр. 1933 (31)

Первая мировая война на многие годы прервала научную работу молодого учёного. Находясь на австрийском южном фронте, он в период затишья находил время следить за специальной литературой. Так, уже в 1916 году, вскоре после первой публикации А. Эйнштейна по основам общей теории относительности, он познакомился с этой работой. После окончания войны Эрвин Шрёдингер возвратился к научной работе в Венском физическом институте.

В 1920 году Эрвин женился на Анне Марии Бертель и переехал с ней в Йену, где начал работать в Йенском университете у профессора Макса Вина (1866–1938 (72)), ученика Конрада В. Рёнтгена, заняв должность младшего преподавателя.

Однако уже через четыре месяца Э. Шрёдингер получил приглашение занять вакансию экстраординарного профессора в Штутгарте, а спустя некоторое время его пригласили занять место профессора сразу три университета: в Киле, Вене и Бреслау. Он принял приглашение из Бреслау (ординарный профессор), но провёл там всего один семестр.

Вскоре Э. Шрёдингер получил приглашение из университета Цюриха. Это было лестное для него приглашение, поскольку его предшественниками по университету были: Альберт Эйнштейн – первый профессор теоретической физики в Цюрихе и Макс фон Лауэ. Эрвину Шрёдингеру предстояло продолжить традиции этих великих учёных в течение 1921–1927 годов. Именно здесь была создана волновая механика. Через шесть лет Эрвин Шрёдингер станет коллегой своих предшественников уже в Берлинском университете.

Когда Эрвин Шрёдингер прочитал работу Луи де Бройля, она оказала на него глубокое влияние и он занялся обобщением волн де Бройля на несвободные частицы. Э. Шрёдингер исходил в своих рассуждениях из того, что **«всё – вообще всё – является одновременно частицей и волновым полем»**. Занимаясь атомными спектрами, Эрвин Шрёдингер использовал, конечно, орбитальную теорию Нильса Бора, но всегда чувствовал (как писал Поль Дирак), **«что квантовые состояния в этой теории неудов-**

летворительны и что в действительности атомные спектры должны определяться своего рода задачей собственных значений». В результате было получено ясное решение проблемы, сводящее появление энергетических уровней к собственным значениям некоторого оператора.

Начав с концепции волн, Эрвин Шрёдингер пришёл к созданию логической картины строения атома. Он предположил, что *«атомные орбиты являются физическими волнами, подобно тем, которые образуются струнами скрипки или на поверхности воды»*. Следовательно, *«волна каждой орбиты имеет свою собственную, только ей присущую форму»*. На основе столь смелой гипотезы Э. Шрёдингер смог объяснить стабильность и идентичность атомов и их удивительную способность к восстановлению, т. е. все те свойства, которые вызывали сомнение учёных и не могли быть объяснены с помощью одной только планетарной модели атома. Как доказывал Э. Шрёдингер, стабильность объясняется тем, что *«форма волны нижней орбиты не изменяется, если не приложить значительной энергии, а если нет энергии, необходимой для перевода электрона на более высокую орбиту, орбита остаётся стабильной»*.

Поскольку форма волны остаётся постоянной, каждый атом имеет своё собственное «лицо». Согласно теории Э. Шрёдингера, *«любой атом водорода, например, должен быть похож на остальные атомы водорода, ибо электронная волна образуется в результате притяжения электрона ядром и электрического взаимодействия между электронами атома»*.

Э. Шрёдингер полагал, что *«эта же волновая теория объясняет, почему атом возвращается в первоначальное состояние независимо от характера изменений и количества потерянных электронов. Как только восстановлено прежнее состояние, колебания электрона принимают первоначальную форму, а так как форма эта определяется условиями, в которых движется электрон, то она вполне независима от того, что произошло ранее. Когда бы атом ни возвратился в исходное состояние, волны принимают ту же форму, что и прежде»*.

Виктор Вайскопф так прокомментировал теорию Эрвина Шрёдингера: *«Идентичность двух атомов золота объясняется тем, что одно и то же количество электронов определяется одним и тем же электрическим зарядом в центре, который вызывает одни и те же волновые колебания»*.

В. Вайскопф при этом продолжал: *«Примечательно, что в мире атома мы нашли то, что Пифагор и Кеплер безуспешно старались отыскать в движении планет. Они верили, что Земля и другие планеты движутся по особым орбитам; каждая из них уникальна для данной планеты и определена высшим принципом, незави-*



Виктор Вайскопф
(1908–2002 (94))

симым от особой судьбы и прошлого нашей планетарной системы... В движении планет такого принципа нет, но он существует в движении электронов в атоме: это волновой принцип.

Мы можем вспомнить о пифагоровой гармонии в мире: атомные квантовые состояния имеют определённую форму и частоту, каждая из которых определена. Здесь мы обнаруживаем „гармонию сфер“, возрождённую в атомном мире, однако на этот раз понимаемую как электронные волны».

Когда Э. Шрёдингер впервые понял, что с помощью волновой теории можно объяснить строение атома, он попытался применить свои расчёты к электрону атома водорода. Однако полученные результаты не вполне соответствовали экспериментальным данным. Об этом сложном моменте в жизни Эрвина Шрёдингера записал в своих воспоминаниях Поль Дирак: *«Результат не совпал с наблюдениями. Теперь мы знаем, что метод Шрёдингера вполне корректен и что расхождение обязано исключительно тому, что в своих расчётах он не учёл спина электрона. Но в то время спин электрона не был известен. Шрёдингер был сильно разочарован; он решил, что его метод непригоден и оставил его. Лишь через несколько месяцев он вернулся к нему и тогда заметил, что при нерелятивистской трактовке электрона его метод даёт результаты, согласные с наблюдениями в нерелятивистском приближении. Он подробно изложил всё это в статье, опубликованной в 1926 г. В этом варианте и предстало перед миром волновое уравнение Шрёдингера».*

Статьи Эрвина Шрёдингера и работа Луи де Бройля произвели в Копенгагене впечатление разорвавшейся бомбы. Нильс Бор немедленно созвал коллоквиум, и началось исследование этого, по его же словам, *«необыкновенно мощного и плодотворного метода»*. После долгого застоя в математическом описании атома появление сразу двух систем – системы Гейзенберга и системы Шрёдингера–де Бройля – было ошеломляющим. Противоречили они друг

другу или подтверждали? Вопрос этот был сложным и малодоступным даже самому глубокому интеллекту.

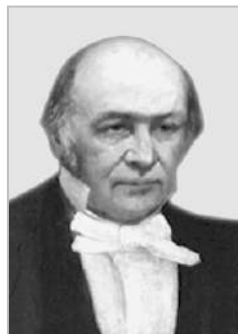
По мнению физиков, наступило время обмениваться идеями. В 1925 году многие учёные съехались в Копенгаген. Споры продолжались и на общих заседаниях, и во время дискуссий, и в кулуарах, и за обедом в столовой Бора, и поздними вечерами за бутербродами, которые приносила Маргрет, жена Н. Бора.

В одной из своих публикаций этого времени под названием *«Волновая теория механики атомов и молекул»* Эрвин Шрёдингер перечислил основные особенности созданной теории: *«Законы движения и квантовые условия выводятся одновременно из*



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

принципа Уильяма Гамильтона (1805–1865 (60)). Несогласие, существовавшее до сих пор в теории квантов между частотой движения и частотой излучения, устраняется, так как последние частоты совпадают с разностями первых. Определённая локализация электрического заряда в пространстве и во времени может быть связана с системой волн, а последняя объясняет, на основании обычной электродинамики, частоту, интенсивность и поляризацию испускаемого света и делает излишним всякого рода принципы соответствия и отбора.



Уильям Гамильтон
(1805–1865 (60))

Представляется возможным проследить с помощью новой теории все детали так называемых переходов, которые были совершенно таинственными до последнего времени. Существует несколько пунктов расхождения между новой и старой теориями по вопросу об отдельных значениях энергии или уравнений частот. В этих случаях новая теория находится в большем согласии с опытом».

Всех волновал вопрос: каким образом могут две теории быть столь различными и в то же время столь правильными в своих основных положениях? Нервы у всех были напряжены до предела, некоторые участники семинаров буквально валились с ног от усталости. И тогда Нильс Бор отрывался от доски с формулами, поворачивался к аудитории и, улыбаясь, говорил: *«Это напоминает мне одну забавную историю».*

Следует отметить, что Эрвин Шрёдингер первым показал, что волновая механика с формально-теоретической точки зрения полностью равноправна с другими формами квантовой теории, которые в это же время или незадолго до этого на основе идей Вернера Гейзенберга были разработаны Максом Борном, Паулем Йорданом и самим Вернером Гейзенбергом в Гёттингене, а также Полем Дираком в Кембридже. Эти формы квантовой механики отличаются коренным образом по исходным положениям и по применяемым методам от волновой механики Эрвина Шрёдингера, но ведут к одинаковым результатам.

Макс Борн писал, что с появлением в 1926 году работ Эрвина Шрёдингера *«казалось, что теперь есть независимые теории, но вскоре в очередной публикации Шрёдингер сумел доказать полную эквивалентность своей волновой механики с матричным подходом».*

Далее М. Борн продолжал: *«Он думал, однако, что осуществил возврат к классическому мышлению. Он рассматривал электрон не как частицу,*



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)



Джеймс Франк
(1882–1964 (82))
Ноб. пр. 1925 (43)

но как некоторое распределение плотности, которое давалось квадратом его волновой функции. Он считал, что следует полностью отказаться от идеи частиц и квантовых скачков и никогда не сомневаться в правильности этого убеждения.

Я, напротив, имел возможность каждодневно убеждаться в плодотворности концепции частиц, наблюдая за блестящими опытами Джеймса Франка по атомным и молекулярным столкновениям, и был убеждён, что частицы не могут быть просто упразднены.

Следовало найти путь к объединению частиц и волн. Я видел связующее звено в идее вероятности».

Поскольку использованные Эрвином Шрёдингером частные дифференциальные уравнения были более понятны физикам и более легки в употреблении, чем матричные методы расчёта, то теория получила всеобщее признание в виде волнового уравнения Шрёдингера. Этому способствовало ещё и то, что при таком виде теории в ней сохранялись неизменными классические геометрические представления о пространстве и времени.

В своём нобелевском докладе в 1954 году Макс Борн сказал: *«Волновая механика пользовалась значительно большей популярностью, чем гёттингенская или кембриджская форма квантовой механики».*

Доказательство Э. Шрёдингером математической равноценности волновой и матричной механик стало важной вехой в дальнейшем развитии всей квантовой физики.

Однако сам Эрвин Шрёдингер упорно противился тому, чтобы признать удовлетворительным и исчерпывающим статистическое объяснение квантовой теории, математически разработанное в первую очередь Максом Борном и Вернером Гейзенбергом.

По словам Макса Планка, при помощи уравнения Эрвина Шрёдингера *«волновая механика, казавшаяся ранее чем-то мистическим, сразу была поставлена на прочное основание».*

В 1927 году произошло открытие американскими физиками К. Дэвисоном (1881–1958 (77)) и Л. Джермером (1896–1971 (75)) интерференции электронных пучков (подобно явлениям с рентгеновскими лучами в кристаллах, предсказанным и наблюдаемым в экспериментах Макса фон Лауэ в 1912 году). Для физиков это было очевидным экспериментальным подтверждением волнового характера потока частиц, а также решительным и важным доказательством правильности взглядов Луи де Бройля и Эрвина Шрёдингера.

Математические разработки Эрвина Шрёдингера имели для гениально предугаданных Луи де Бройлем волн материи такое же значение, какое имели уравнения поля Джеймса Максвелла для силовых линий Майкла Фарадея.

Волновое уравнение, при составлении которого Эрвин Шрёдингер пользовался советами преподававшего в то время в Цюрихе математика Германа Вейля, относится к числу наиболее распространённых формул в мировой научной литературе.

Макс Борн писал о работах Эрвина Шрёдингера: *«Что существует более выдающегося в теоретической физике, чем его первые шесть работ по волновой механике?»*

Уже в начале апреля 1926 года, после получения сигнальных откликов первой статьи по волновой механике, Макс Планк писал Эрвину Шрёдингеру: *«Читая Вашу статью с тем же напряжением, с каким любопытный ребёнок выслушивает развязку загадки, над которой он долго мучился, я радуюсь красотам, раскрывающимся перед моими глазами».* Несколько недель спустя он писал: *«Вы можете себе представить, с каким интересом и воодушевлением я погрузился в изучение этого эпохального труда, хотя сейчас я очень медленно продвигаюсь вперёд в этом своеобразном ходе мыслей».*

Работы Эрвина Шрёдингера середины 20-х годов позволили решать квантово-механические задачи единым образом при помощи хорошо обоснованных и тщательно разработанных методов математической физики. Именно эта сторона волновой механики привлекала к себе пристальное внимание физиков, математиков, химиков. Можно даже сказать, что фактически труд, осуществлённый Э. Шрёдингером, был переводом на язык квантовой теории механики ньютоновской.

Вальтер Гайтлер (1904–1981 (77)) писал в 1961 году: *«Создание Шрёдингером „волновой механики“, занявшее несколько месяцев, нельзя не рассматривать иначе, чем яркую вспышку гения. Волновая механика была представлена в законченной форме, а публикации содержали и достаточное количество совершенно убедительных приложений».*

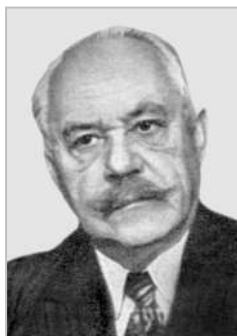
Летом 1926 года Эрвин Шрёдингер был приглашён Арнольдом Зоммерфельдом в Мюнхен на се-



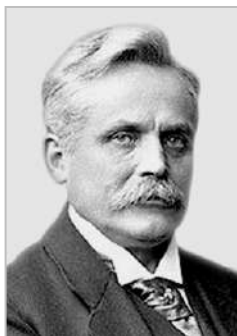
Герман Вейль
(1885–1955 (70))



Вальтер Гайтлер
(1904–1981 (77))



Арнольд Зоммерфельд
(1868–1951 (83))



Вильгельм Вин
(1864–1928 (64))
Ноб. пр. 1911 (47)



Нильс Бор (1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)
и Эрвин Шрёдингер (1887–1961 (74))
Ноб. пр. 1933 (46)

минар для обсуждения последних результатов по волновой механике. Приехавший в Мюнхен на этот семинар Вернер Гейзенберг высказал мнение в дискуссии по выступлению Эрвина Шрёдингера: **«При интерпретации Шрёдингера нельзя осмыслить даже закона Планка, основанного на прерывном изменении энергии»**. На это замечание Вилли Вин сказал: **«Мы понимаем, молодой человек, Ваше сожаление по поводу необходимости забыть квантовую механику, квантовые скачки и остальное, но Вы увидите, что Шрёдингер вскоре решит все эти проблемы»**. Эрвину Шрёдингеру было в это время 39 лет, и свою Нобелевскую премию он получит через 7 лет (1933), а Вернеру Гейзенбергу было 25 лет, и он станет лауреатом Нобелевской премии через 6 лет (1932), а получит её вместе с Эрвином Шрёдингером и Полем Дираком тоже в 1933 году.

Вернер Гейзенберг по впечатлениям о семинаре написал письмо Нильсу Бору, и тот пригласил Эрвина Шрёдингера осенью 1926 года в Копенгаген. В дискуссиях Нильс Бор настойчиво убеждал Эрвина Шрёдингера в несостоятельности любых его попыток классической интерпретации волновой механики. При этих обсуждениях присутствовал Вернер Гейзенберг, который позднее написал в воспоминаниях: **«В мельчайших подробностях неумолимо обсуждались самые значительные трудности**

теории атома, во время которых Бор не успокаивался прежде, чем проблема не раскрывалась до конца». В беседе Эрвин Шрёдингер говорил: **«Если мы собираемся сохранить эти проклятые квантовые скачки, то я вообще сожалею, что имел дело с атомной физикой»**. На что Нильс Бор ответил: **«Зато остальные весьма признательны Вам за это, ведь благодаря Вам был сделан решающий шаг вперёд в развитии атомной теории»**. Четверть века спустя Эрвин Шрёдингер написал о себе: **«Скачки квантов казались мне год от года всё более неприемлемыми»**.

Нильс Бор писал: *«Шрёдингеру удалось развить метод волновой механики, открывший новые аспекты и имевший решающее значение для огромного прогресса атомной теории в последние годы... Ему удалось найти простую интерпретацию понятия квантового числа, которое казалось исчезнувшим в матричной форме...»*

Шрёдингер смог связать с решениями волнового уравнения непрерывное распределение электрического заряда и тока, которые в применении к некоторому собственному колебанию представляют электростатические и магнитные свойства атома в соответствующем стационарном состоянии».

В 1927 году Эрвин Шрёдингер получил предложение стать в Берлине преемником Макса Планка (68) по кафедре в университете, который ушёл в отставку по возрасту и выбрал Эрвина Шрёдингера своим преемником. В Цюрихе у Эрвина Шрёдингера возникли оживлённые научные контакты с Германом Вейлем и Питером Дебаем. Он там очень хорошо себя чувствовал, поэтому не мог не раздумывая принять предложение о переезде, хотя слава Берлина как столицы физики в те годы затмевала славу любого другого крупного европейского города. Решающими, в конце концов, стали слова Макса Планка, что *«он был бы рад найти в Шрёдингере своего преемника»*.

Вальтер Гайтлер в то время был аспирантом на кафедре Э. Шрёдингера в Цюрихе, он писал: *«Лето было чудесным, сам Шрёдингер был в прекрасном расположении духа. Каждое воскресенье 2-жа Шрёдингер устраивала небольшие экскурсии, которые неизменно заканчивались в какой-либо деревенской гостинице, где мы выпивали по стаканчику (а иногда и больше!) вина. Шрёдингер любил деревенский пейзаж. Приглашение переехать в Берлин он принял с некоторым недобрый предчувствием. Большой северный город, по его мысли, не соответствовал его австрийскому темпераменту, хотя он потом и был там по-настоящему счастлив»*.

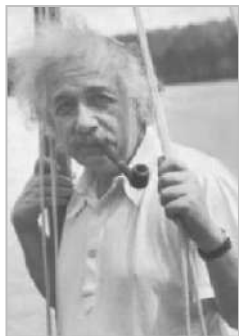


Макс Планк
(1858–1947 (89))
Ноб. пр. 1918 (60)

Следует обратить внимание на то, что в 20-е годы XX века в Берлинском университете работали: Макс Планк (Ноб. пр. 1918) с 1889 по 1926 годы; Альберт Эйнштейн (Ноб. пр. 1922) с 1914 по 1933 годы; Макс фон Лауэ (Ноб. пр. 1914) с 1919 по 1943 годы; Вернер Гейзенберг (Ноб. пр. 1932) сотрудничал с 1927 года, с 1941 по 1945 годы; Вальтер Нернст (Ноб. пр., хим. 1920) с 1902 по 1933 годы; Лизе Мейтнер с 1912 по 1938 годы; Отто Ган (Ноб. пр., хим. 1944) с 1907 по 1933 годы. И именно в такое научное сообщество приглашается и Эрвин Шрёдингер, который проработает в Берлине всего с 1927 по 1933 годы, и, уже эмигрировав, получит в 1933 году (в 46 лет) Нобелевскую премию по физике (вместе с П. Дираком) *«за открытие новых продуктивных форм атомной теории»*.

Позднее, работая в эмиграции в Ирландии, в июне 1947 года Э. Шрёдингер писал из Дублина декану математико-естественно-научного факультета Университета им. Гумбольдта в Берлине в ответ на приглашение занять прежнее место: **«Годы в Берлинском университете относятся к самым счастливым в моей жизни»**. И прибавил, что он **«всё ещё чувствует себя духовно близким Берлинскому университету и постоянно имеет в виду возможность возвращения туда даже просто в качестве пенсионера»**.

Исследования Эрвина Шрёдингера по атомной физике оказались очень плодотворными. В своём ходатайстве об избрании создателя волновой механики в Берлинскую академию наук Макс Планк в ноябре 1928 года писал: **«Уравнение Шрёдингера дало новые ценные математические методы расчёта квантов и одновременно открыло новые перспективы в физике, которые имеют решающее значение для дальнейшего развития квантовой теории и разработка которых возможна в различных направлениях»**.



Альберт Эйнштейн
на яхте

В годы работы в Берлинском университете Эрвин Шрёдингер наиболее тесно сблизился с Максом Планком и Альбертом Эйнштейном. Он с женой регулярно принимал участие в домашних концертах, проходивших на квартире у Макса Планка, часто бывал на даче в Капуте у Альберта Эйнштейна. Оба физика, плавая под парусом в водах озера Хавель, обсуждали вопросы своей науки. Дом самого Эрвина Шрёдингера в Груневальде с его **«вечерами венских сосисок»** стал вскоре центром научного общения.

О годах жизни и работы в Берлине Эрвин Шрёдингер писал позднее в автобиографических записках: **«Две крупные высшие школы, имперское учебное заведение, Институт им. кайзера Вильгельма, Астрофизическая обсерватория и множество исследовательских групп в промышленности плотно населили тогда Берлин физиками первой величины. Глубокое впечатление оставляли еженедельные общие коллоквиумы – эти интимные конгрессы, где они собирались все вместе; большим удовольствием было обсуждение всех животрепещущих проблем на этом форуме»**.

В. Гайтлер, принадлежавший к следующему за колоссами физики XX века поколению физиков, ученик (в середине 20-х годов) Арнольда Зоммерфельда в Мюнхене (и долголетний сотрудник Э. Шрёдингера), писал: **«С работами Шрёдингера родилась квантовая механика; однако в то время она переживала ещё пору своего детства. Волновое уравнение было правильным и окончательным (поскольку речь шла о нерелятивистской области), но оно соответствовало только одному, хотя и**

очень важному, волновому аспекту вопроса. Да и само понятие „волновой функции“ не было тогда полностью ясным. Поначалу Шрёдингер интерпретировал его просто как некое новое поле, подобное максвелловскому, – и не более. Затем последовала „статистическая интерпретация“ Макса Борна, теория преобразований Поля Дирака и ряда других авторов, соотношение неопределённостей Вернера Гейзенберга и т. д. Все эти идеи, по большей части разработанные в Гёттингене, Копенгагене, Кембридже, и завершили построение квантовой механики».

Вальтер Гайтлер продолжал: *«Берлинские физики-теоретики А. Эйнштейн, М. Планк, М. Лауэ и Э. Шрёдингер – все они с большой неохотой принимали её в этом виде».* Эрвин Шрёдингер замечал при этом: *«Я не могу себе представить, что электрон прыгает, как блоха».* Споры и дискуссии о квантовой механике были в то время в самом разгаре.

С течением времени Эрвин Шрёдингер в дискуссии с Максом Борном должен был согласиться с тем, что волновая функция имеет статистический смысл, но он так и не принял квантовую механику как законченную теорию, поскольку в ней не нашлось места полному детерминизму. Э. Шрёдингер не мог мыслить иными категориями, нежели детерминированность, поскольку был воспитан в традициях классической науки.

В. Гайтлер замечал: *«Разочарование Шрёдингера было очень глубоким, так как вся ситуация в небольшой степени выглядела трагической, что несомненно оказало влияние и на его дальнейшую научную жизнь».* Вспомним слова, сказанные В. К. Рёнтгеном за несколько месяцев до кончины: *«Моя жизнь кажется мне такой бесцельной!»* Учёные жили своими идеями и результатами своей работы.



Макс фон Лауэ
(1879–1960 (81))
Ноб. пр. 1914 (35)

В 1933 году Эрвин Шрёдингер оставил своё место в Берлинском университете, будучи противником фашизма. Хотя он не принадлежал к тем, кто преследовался нацистами, но он ненавидел фашизм и для него было невыносимо работать при этом варварском режиме. Так вынужденно закончилось *«прекрасное время преподавания и учёбы в Берлине».*

Сначала Эрвин Шрёдингер уехал в научный отпуск в университет Оксфорда, где остался по 1939 год. Макс Борн, сам эмигрировавший в 1933 году в Англию, в Кембридж, а с 1936 по 1953 годы возглавлявший кафедру теоретической физики в Эдинбургском университете в Шотландии, писал: *«Когда Гитлер пришёл к власти, Шрёдингер, человек „арийской“ крови и преемник Макса Планка, вовсе не должен был отказаться от должности и покинуть Германию. Но он сделал и то и другое, и мы восхищались им. Ибо вовсе нелегко человеку среднего возраста (Шрёдингеру*



Эрвин Шрёдингер
(1887–1961 (74))
Ноб. пр. 1933 (46)

было тогда 46 лет) *эмигрировать и жить на чужбине. Но он не хотел и слышать о том, чтобы остаться. Он уехал потому, что его не оставляли в покое и от него требовали, чтобы он занимался политикой*». Как раз во время эмиграции (добровольной Эрвина Шрёдингера и вынужденной Макса Борна) у обоих установились близкие отношения: они навещали друг друга, обменивались многочисленными письмами.

В Стокгольм за Нобелевской премией по физике 1933 года Эрвин Шрёдингер (*«за открытие новых продуктивных форм атомной теории» (вместе с П. А. М. Дираком)*) поехал уже из Оксфорда.

В Оксфорде он чувствовал себя не так уютно, поскольку сказывалась атмосфера традиционного английского университетского города.

В 1936 году Э. Шрёдингер получил приглашения занять кафедры в Граце (Австрия) и в Эдинбурге. Конечно, уговоры друга Ганса Тирринга, любовь к родине перевесили политическую осторожность, и Э. Шрёдингер выбрал Грац.

Не прошло и двух лет, как Гитлер (1938) оккупировал Австрию, включив её в состав Третьего рейха и распространив на неё его законы. Поскольку отъезд Эрвина Шрёдингера из Берлина в 1933 году рассматривался как недружественный акт, жизнь Э. Шрёдингера при нацистах в Австрии оказалась невыносимой. Воспользовавшись тем, что они всё-таки не отобрали его заграничный паспорт, он перешёл итальянскую границу и бежал в Рим, спасаясь бегством *«только с одним небольшим чемоданчиком»* и рассчитывая, как член Ватиканской академии, найти там убежище. Затем через Италию и Швейцарию Эрвин Шрёдингер добрался до Бельгии, где недолгое время читал лекции в качестве профессора-гостя, а затем уехал в Ирландию.

В Дублине, по предложению тогдашнего премьер-министра Ирландии Имона де Валера, математика по образованию, продолжавшего интересоваться наукой, создавался Институт высших исследований (по примеру такого же института в Принстоне, США, куда осенью 1933 года уехал Альберт Эйнштейн). В институте в Дублине были только два направления: «Школа по изучению кельтской литературы и языка» и «Школа теоретической физики». Де Валера предложил Эрвину Шрёдингеру стать первым профессором теоретической физики нового института, а затем и его директором, где Э. Шрёдингер оставался до отставки в 1955 году (68). Институт был официально открыт в 1941 году на симпозиуме, посвящённом теории мезонов. Институт располагался в красивом удобном здании в старом Дублине и подходил для спокойной работы, не связанной с бесконечными лекциями и бичём современных учёных – административной деятельностью. Прекрасной

была и научная атмосфера института. Ни на что не отвлекаясь, в течение 17 лет Эрвин Шрёдингер занимался только исследовательской работой. Это были алгебра мезонов, термодинамика, нелинейная электродинамика, вопросы космологии, наброски единой теории поля. Он пытался, как и А. Эйнштейн, разработать единую взаимосвязанную теорию поля, объединяющую гравитационное и электромагнитное поля. При этом Э. Шрёдингер так и не хотел принимать статистическую интерпретацию как окончательную трактовку квантовой механики, которую он считал ещё не завершённой, а в силу этого не видел необходимости развивать её далее. Но на организуемые Э. Шрёдингером ежегодно в Дублине *«летние школы»* приезжали коллеги из многих стран, чтобы обсуждать здесь новейшие проблемы физики.

Жизнь и работа в Дублине была размеренной и спокойной как во время войны, так и после её окончания. В институт, расположенный в трёх милях от дома, профессор Э. Шрёдингер, как и почти все остальные сотрудники, приезжал на велосипеде. Дома кабинет его был обставлен просто и, как писал его прежний аспирант, а потом и сотрудник по институту В. Гайтлер, *«иногда напоминал студию художника»*. Э. Шрёдингер занимался лепкой, и его небольшие статуи *«свидетельствовали об истинно артистическом вкусе»*.

Интерес Э. Шрёдингера к классике, привитый ему в гимназии, никогда не пропадал. Он даже написал книгу, посвящённую греческой науке. Успехи генетики как науки позволили ему прочитать курс публичных лекций, а затем в 1943 году написать книгу, известную в русском переводе под названием *«Что такое жизнь? С точки зрения физика»*. Эрвин Шрёдингер уделял очень большое внимание языку своих докладов. Как Луи де Бройль и Нильс Бор, он вкладывал много сил и старания в изложение своих мыслей, поэтому его книги, доклады и статьи всегда читаются с интересом, чётки и понятны.

В 1957 году Э. Шрёдингеру было предложено занять специально для него созданную кафедру в университете Вены. К сожалению, здоровье учёного ухудшалось, он начал страдать от приступов бронхита и астмы, чему, конечно, не способствовал сырой климат Ирландии. Любимая им родина ещё раз призвала его. Он, конечно, принял это приглашение из своей любимой Вены, но чувствовать себя лучше не стал. После продолжительной болезни Эрвин Шрёдингер умер в Вене 4 января 1961 году на 74-м году жизни.

Макс Борн написал по поводу кончины Эрвина Шрёдингера: *«Его имя часто цитируется в публикациях по физике. Кто из нас не писал несчётное число раз „уравнение Шрёдингера“ или „функция Шрёдингера“? По-видимому, это же будут делать и последующие поколения, а потому его имя останется вечно живым»*.



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)

Сегодня можно сказать, что теория электрической проводимости полупроводников также возникла на фундаменте волновой теории, созданной Эрвином Шрёдингером. Одним из результатов этих исследований было получение таких полупроводников, без которых невозможно было бы построить солнечные батареи спутников и других космических аппаратов.

Ганс Тирринг писал: *«По иронии судьбы Шрёдингеру приходилось неоднократно возмущаться неудобствами, которые создавали в местах отдыха громко ревущие радиоустановки, хотя развитие транзисторных приёмников стимулировалось именно теорией полупроводников, которая, в конечном счёте, была основана на его волновой механике».*

Волновая механика электрона. Позитрон

Поль Адриен Морис ДИРАК

(1902–1984 (82); Ноб. пр. 1933 (31))

Поль Адриен Дирак родился в Бристолье 8 августа 1902 года. Странная его фамилия имеет галльско-романское происхождение. В 440 км к юго-западу от Парижа есть место Фор-де-Дирак. В 10 км от города Ангулем расположена деревня Дирак. Во французской хронике начала XII века встречается фамилия де Дирако. Но не известно, имеют ли предки Дирака к ней какое-либо отношение. Это всё, что известно историкам.



Поль Дирак
(1902–1984 (82))
Ноб. пр. 1933 (31)

Самое раннее свидетельство о предках Дирака – это запись о рождении Дидье Дирака в 1721 году в Швейцарии, откуда отец Поля Дирака, Чарльз Адриен Ладислас Дирак эмигрировал в Англию, где зарабатывал преподаванием французского языка. К 1902 году Чарльз и его молодая жена Френсис (урожденная Холтен) уже жили в своём доме в Бристолье. Кроме Поля в семье было ещё двое детей: Реджинальд Чарльз Феликс (р. 1900, покончил жизнь самоубийством в 1924 году) и Беатрис Изабелла Маргерит (р. 1906). Дети были зарегистрированы как швейцарские подданные и сменили подданство в 1919 году, когда их отец стал гражданином Британии.

Отец настаивал, чтобы в доме говорили на французском языке. Это требование мешало общению в семье, и молчаливость, привычка к размышлениям в одиночестве стали характерными чертами Поля.

Отец П. Дирака преподавал в несколько старомодном учебном заведении – Школе торговых предпринимателей. Это было объединение начальной и высшей школ и технического колледжа. Поля определили в это же учебное заведение. Поль Дирак писал о том времени: *«MV (Merchant Ventures – Школа торговых предпринимателей) была великолепной школой естественных наук и современных языков. В ней я учился с 1914 по*

1918 годы, как раз во время Первой мировой войны. Многие парни покинули школу ради служения нации. Чтобы заполнить опустевшие старшие классы, стали продвигать младших в той степени, в какой они могли справиться с более сложной работой. Я быстро „проскочил“ младшие классы и в очень раннем возрасте познакомился с основами математики, физики, химии на вполне высоком уровне. Математику я учил по книгам, которые содержали больше, чем знал класс.

С 1918 по 1921 годы Поль Дирак – студент электротехнического факультета Бристольского университета. Аудитории университета помещались в том же здании, в котором была и школа.

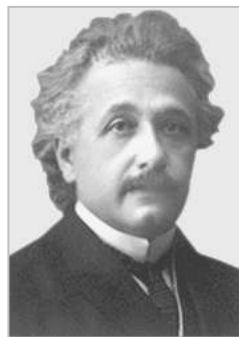
В студенческие годы Поля Дирака произошло удивительное событие. В мир ворвалась теория относительности Альберта Эйнштейна. О ней неожиданно заговорили все. В газетах было полно сообщений о теории относительности. Поль Дирак писал: *«Я тогда учился на инженерном факультете Бристольского университета и, конечно же, был охвачен общим возбуждением, которое вызывала теория относительности. Студенты обсуждали теорию относительности друг с другом, но дальше этого не шли из-за недостатка точной информации. Кое-какую информацию я впервые получил, слушая курс лекций Брода. Он был философом и смотрел на вещи с философской точки зрения».*

И далее: *«Всё, что говорили философы, казалось мне довольно неопределённым, и я, в конце концов, пришёл к заключению, что не считаю философию наукой, которая может способствовать развитию физики. Эта точка зрения возникла у меня далеко не сразу. Я пришёл к ней после долгих размышлений над тем, что говорили философы».*

Поль Дирак пояснял в своих воспоминаниях о том времени: *«Нетрудно понять причину столь головокружительного успеха теории относительности. Мы тогда только что пережили очень серьёзную и страшную войну. В результате все устали. Хотелось о ней забыть. И тогда возникла теория относительности, замечательная идея, открывающая дорогу к новому образу мышления. В этом было бегство от войны. Мне кажется, что ни до, ни после ни одна научная мысль, которой удавалось завладеть умами широких слоёв публики, не производила равно по своей силе эффекта. Началом необычной эпохи следует считать 1919 год».*

В 1921 году Поль закончил университет Бристоля с отличием.

Поль Дирак вспоминал: *«После окончания инженерного курса я остался ещё на два года в Бристольском университете для изучения ма-*



Альберт Эйнштейн
(1879–1955 (76))
Ноб. пр. 1921 (42)

тематики. В течение этого времени наибольшее влияние оказал на меня Фрейзер. Фрейзер был математиком, никогда не занимавшимся исследовательской работой и никогда ничего не опубликовавшим, но он оказался несравненным учителем, который умел разбудить в своих учениках неподдельный интерес к изучению основ математики».

П. Дирак продолжал (вспомним слова А. Эйнштейна о геометрии): **«Я всегда стремился к красоте в математике, а знакомство с проективной геометрией ещё больше воодушевило меня, и я остался верен ей на всю жизнь».**

С 1923 по 1926 годы Поль Дирак – аспирант в Кембридже у Ральфа Фаулера (1889–1944 (55)), который занимался статистической механикой и термодинамикой, квантовой теорией, астрофизикой; он автор метода вычисления статистических интегралов (1922); один из основоположников те-

оретической астрофизики; также объяснил явление холодной эмиссии электронов из металлов на основе электронного туннелирования (1928). Ральф Фаулер создал школу физиков, в которую входили П. Дирак (Ноб. пр. 1933), Дж. Ленард-Джонс, Р. Пайерлс, Д. Хартри, В. Чандрасекхар (Ноб. пр. 1983) и др.

Именно Ральфа Фаулера Поль Дирак считал своим учителем в науке: **«Фаулер вовлёк меня в совсем новое поле деятельности, познакомив меня с атомом Резерфорда, Бора, Зоммерфельда. У меня как бы открылись глаза. Казалось совершенно непостижимым, что уравнения классической электродинамики можно применять к атому. Я всегда считал атомы некими совершенно гипотетическими объектами, а здесь, в Кембридже, физики работали с уравнениями, которые на самом деле описывали строение атома. Я оказался, по существу, в мировом центре развивающейся теории атома».**

Впечатления молодого Поля Дирака о Нильсе Боре тоже есть в его воспоминаниях: **«Надо сказать, что Бор всю свою жизнь был дружески расположен к Резерфорду. Он часто приезжал в Кембридж и читал нам лекции. Кроме того, Фаулер часто посещал Копенгаген и, зная всё о последних событиях, держал меня, конечно, в курсе дела. В 1925 году Фаулер пробыл в Копенгагене три месяца, т. е. всю зиму. Я был под очень большим впечатлением от того, что говорил Бор. Я ожидал услышать утверждения, которые можно**



Ральф Фаулер
(1889–1944 (55))



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)

было бы записать в виде уравнений. Но Бор высказывал такие утверждения чрезвычайно редко. Пожалуй, я не могу оценить, насколько лекции Бора повлияли на мою последующую работу. Непосредственного влияния, конечно, не было, потому что Бор не стимулировал поиски новых уравнений.

В то время я был простым аспирантом, и кроме научной работы у меня не было никаких других обязанностей. Поэтому со всей энергией я взялся за задачи, которые тогда стояли перед физикой».

В 1923 году появилась работа Луи де Бройля, в которой устанавливалась связь между частицами и волнами. Поль Дирак отзывался о ней: *«Это была очень стройная теория, и она сразу привлекла меня своей красотой»*. Это очень важное замечание для теоретика. Критерий правильности работы – красота. Далее Поль Дирак пояснял: *«Восхищённый красотой работы де Бройля, я, тем не менее, не мог воспринимать волны всерьёз. Я всецело пребывал во власти теории Бора и предложенные им орбиты понимал буквально: электроны были реально существующими частицами, а волны де Бройля представлялись мне просто математической выдумкой, совершенно несущественной для физиков»*.

Работу де Бройля прочитал Эрвин Шрёдингер. У него был иной подход, и он получил другое образование. Он хорошо изучил собственные функции и собственные векторы, о которых Поль Дирак совсем ничего не знал. Поэтому Эрвин Шрёдингер, имеющий другой взгляд на мир, сумел развить идеи Луи де Бройля и получить, как читатель уже знает, блестящий результат. Примитивные формулы Луи де Бройля, которые годились только для описания свободных частиц, Эрвин Шрёдингер распространил на частицы, движущиеся в электромагнитном поле, что привело его к волновой механике.

Студенты в Кембридже часто собирались, чтобы обсудить научные проблемы. Одним из таких собраний был клуб, организованный П. Л. Капицей, молодым физиком, приехавшим к Э. Резерфорду из России. П. Л. Капица обладал чрезвычайно динамичным характером. Он создал клуб физиков, в который входили как теоретики, так и экспериментаторы. Поль Дирак вспоминал, что *«мы собирались каждый вторник по вечерам после обеда, и один из нас делал доклад о последних достижениях в физике»*.



Луи де Бройль
(1892–1987 (95))
Ноб. пр. 1929 (37)



Пётр Леонидович
Капица
(1894–1984 (90))
Ноб. пр. 1978 (84)



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)

Летом 1925 года на семинар Капицы был приглашён Вернер Гейзенберг с докладом о новых идеях в квантовой механике.

Как писал Поль Дирак, он сам *«слушал невнимательно»*. В конце августа 1925 года в Бристоле у родителей, читая корректуру первой статьи Вернера Гейзенберга, посвящённой новой механике, П. Дирак признался: *«Я не понял основной мысли, а вывод квантовых условий показался мне очень искусственным, и я просто пропустил его как не представляющий интереса. Однако через неделю или дней через десять я вернулся к статье Гейзенберга, изучил её более внимательно и неожиданно понял, что она даёт ключ к решению всех проблем, с которыми мы тогда сталкивались»*.

Поль Дирак вспоминал: *«Гейзенберг высказал совершенно новую мысль: всегда надо рассматривать не одно, а два стационарных состояния. Я был так погружён в изучение боровских орбит, что не будь Гейзенберга, мне бы не удалось добиться никаких успехов в изучении атомной теории. Требовался совершенно другой уровень мышления, чтобы порвать с идеей построения теории на основе лишь одних боровских орбит»*.

Главной отличительной чертой работы Гейзенберга было то, что он строил теорию из матричных элементов, как из кирпичей. Каждый матричный элемент связывался с двумя значениями энергии, в соответствии с двумя состояниями и двумя энергетическими уровнями. Самое значительное в механике Гейзенберга – это то, что динамические переменные являются элементами алгебры, в которой умножение некоммутативно».



Поль Дирак
(1902–1984 (82))
Ноб. пр. 1933 (31)

Поль Дирак продолжал: *«Меня очень беспокоила некоммутативность динамических переменных. Я узнал потом, что сам Гейзенберг чрезвычайно встревожился, когда заметил, что „iv“ отличается от „vi“». Он должен был обнаружить это неравенство довольно быстро и, конечно, очень расстроился, потому что подобный результат был как-то непривычен физикам. Именно некоммутативность, приведшая Гейзенберга в отчаяние, оказалась важнейшим свойством созданной им теории, тем свойством, которое нужно было понять»*.

Молодой Поль Дирак напряжённо искал выход из сложного положения в теории, работая с утра до вечера, а по воскресеньям он обязательно старался

отдохнуть за городом. П. Дирак вспоминал: *«Я хорошо знал гамильтоновы уравнения, которые могли служить основой для понимания некоммутативности теории Гейзенберга. В одно из октябрьских воскресений 1925 года мне пришла в голову мысль о скобке Пуассона. Мне вспомнилось, что в продвинутых курсах динамики я кое-что читал о таких странных величинах, как скобка Пуассона, и мне показалось, что существует тесная аналогия между скобкой Пуассона для величин „и“ и „v“ и коммутатором „uv – vu“. Я был очень обеспокоен сложившейся ситуацией и чувствовал себя обязанным освежить свои знания о скобке Пуассона, найдя хотя бы её определение. За городом это было невозможно, поэтому мне оставалось поспешить домой и поискать что-нибудь о скобке Пуассона. В мучительном ожидании я провёл ночь. Наутро я бросился в библиотеку прямо к открытию и, найдя в „Аналитической динамике“ Уиттекера скобку Пуассона, обнаружил, что это как раз то, что мне нужно».*

Согласно Гамильтону, любая динамическая переменная u должна изменяться во времени по закону

$$du/dt = [u, H],$$

где H – полная энергия в теории Гамильтона, а выражение справа – как раз и есть скобка Пуассона. Этому соответствует квантовое уравнение

$$du/dt = (uH - Hu)/2\pi i/\hbar.$$

Поль Дирак писал: *«Гамильтон нашёл для уравнений механики такую форму записи, значение которой суждено было понять лишь спустя столетие. В такой форме легко включить некоммутативность, введя уже известную математическую процедуру: скобки Пуассона. В результате в нашем распоряжении оказались уравнения новой механики. Мысль о том, чтобы связать скобку Пуассона с коммутаторами, положила начало моей работе в области новой квантовой механики».*

Сделанный Полем Дираком шаг был очень важен, поскольку он позволял понять следующее: если в классической механике требуется взять частную производную по какой-нибудь переменной, то в квантовой механике этот процесс соответствует вычислению коммутатора рассматриваемой величины с некоторой другой переменной. П. Дирак заметил: *«Так началось для меня знакомство с квантовой механикой».*

Мне кажется, следует привести здесь очень полезное замечание Дирак-теоретика: *«Надо сказать, что в дальнейшем, работая над статьями, я всегда очень тщательно обдумывал систему обозначений. По моему мнению, в статьях на новую тему вопросу обозначений следует уделять большое внимание, потому что такая статья может стать началом нового направления, которому суждено будет жить в веках, а увековеченные плохие обозначения помешают дальнейшему развитию».*

Поль Дирак поставил себе задачу – превратить теорию Вернера Гейзенберга в настоящую динамическую теорию. И 7 ноября 1925 года



Эрвин Шрёдингер
(1887–1961 (74))
Ноб. пр. 1933 (46)

в «Известия Королевского общества» Ральфом Фаулером была представлена работа его ученика Поля Дирака «Основные уравнения квантовой механики» (опубликована 1 декабря 1925 года). Эта работа молодого учёного положила начало квантовой динамике, опирающейся на метод Гамильтона и объединившей квантовую теорию Вернера Гейзенберга и волновую механику Эрвина Шрёдингера. Физики в начале 1926 года были удивлены возможностью существования двух на первый взгляд разных теорий. Доказательство их эквивалентности дал Эрвин Шрёдингер в работе, полученной редакцией «*Annalen der Physik*» 18 марта и опубликованной 4 мая 1926 года.

В той форме теории, в какой её представил в своей работе Поль Дирак (некоммутативные переменные), не возникает самой проблемы двойственности описания: просто картины Вернера Гейзенберга и Эрвина Шрёдингера были разными представлениями одних и тех же динамических законов механики, т. е. уравнениями, написанными в разных системах координат. Можно сказать, что с лёгкой руки Поля Дирака гамильтонова форма квантовой механики стала общепринятой. Поскольку он сумел показать, что метод, развитый в классической механике в XIX веке Гамильтоном, приобретает общий характер.

Весной 1926 года Поль Дирак написал докторскую диссертацию, о которой позже заметил: *«Я считал, что благодаря Гейзенбергу у нас есть прекрасные основы квантовой механики, которые можно спокойно развивать дальше, не испытывая ни малейшей потребности в их развитии. Однако в одном из писем Гейзенберг подробно объяснил мне, как связаны между собой теория Шрёдингера и матричная механика. И тогда я понял, что теория Шрёдингера вовсе не требует от нас забвения всего, что мы узнали из матричной механики, а напротив, служит дополнением матричной механики и даёт очень мощные математические методы, в точности согласующиеся с идеями матричной механики».*

О своей тематике работы в дальнейшем Поль Дирак написал в воспоминаниях: *«Через некоторое время я взялся за теорию Шрёдингера и узнал о ней всё, что мог. Мне нужно было изучить новый аппарат – аппарат собственных значений и собственных векторов. Шрёдингер узнал эту технику ещё в самом начале своего обучения, но в Кембридже она была известна очень плохо. Овладев новым аппаратом, я задумался над тем, как его использовать, и пришёл к задаче об атомной системе, состоящей из многих одинаковых частиц».*

О самом Эрвине Шрёдингере в воспоминаниях о героическом периоде физики в XX веке Поль Дирак записал: *«Обнаружилось, что со Шрёдингером я соглашался гораздо легче, чем с кем-нибудь другим. Дело, наверное, было в том, что мы оба очень ценили математическую красо-*

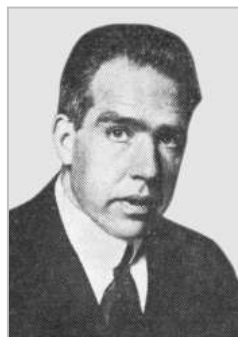
ту и воплощение этой красоты в нашей работе. Для нас была символом веры математическая красота всех уравнений, описывающих фундаментальные законы Природы. Это было для нас почти религией, причём очень полезной, ибо её можно считать основой многих наших успехов».

Диссертация была защищена, и Поль Дирак писал об этом времени: *«После защиты диссертации я уже больше не был привязан к Кембриджу, и мне захотелось попутешествовать. Больше всего меня, конечно, тянуло в Гёттинген, на родину квантовой механики. В Гёттингене жил Гейзенберг, там были Борн и Йордан, активно участвовавшие в создании матричной механики. Но когда я заговорил на эту тему с Фаулером, он посоветовал мне ехать в Копенгаген. Я принял, наконец, решение разделить предназначенное для поездки время на две части и сначала съездить в Копенгаген».*

Конечно, самое большое впечатление на всех физиков того времени, приезжавших в Институт теоретической физики, производил знаменитый Нильс Бор — основатель и директор института. Поль Дирак оставил своё впечатление о Нильсе Боре: *«У Бора была привычка думать вслух, вся его гигантская работа мысли происходила вслух. И ему требовались слушатели. Его мысли относились, я бы сказал, к философским проблемам, и как я ни старался, понять их до конца не мог. Я привык выделять из своих рассуждений те, которые можно записать в виде уравнений, а рассуждения Бора таили в себе гораздо более глубокий смысл и уходили весьма далеко от математики».*

В начале февраля 1927 года Поль Дирак уехал из Копенгагена в Гёттинген и позже писал: *«Моё пребывание в Копенгагене было очень плодотворным, потому что я развил тогда общие идеи физической интерпретации квантовой механики и обратился к квантовой теории излучения. В процессе работы мне пришла в голову одна из неизвестно откуда родившихся идей о квантовании самой волновой функции. В результате родилась теория, эквивалентная теории излучения, и появился альтернативный подход к задаче. Так возник метод, известный как теория вторичного квантования».*

И снова слова Поля Дирака: *«Прибыв в Гёттинген, я провёл там несколько месяцев. В Гёттингене у меня прибавилось математического образования. Я посещал курс лекций по теории групп, который читал Герман Вейль, по разным*



Нильс Бор
(1885–1962 (77))
Ноб. пр. 1922 (37)



Герман Вейль
(1885–1955 (70))



Вернер Гейзенберг
(1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)

поводам встречался с Вернером Гейзенбергом и Максом Борном. Кроме того, я познакомился с Робертом Оппенгеймером, и мы стали близкими друзьями, так как жили в одном пансионе и очень часто встречались.

И в Копенгагене, и в Гёттингене я оставался верен своему обычному образу жизни: много занимался и делал расчёты в обычные дни, а по воскресеньям отдыхал, совершая длинные загородные прогулки. Иногда собиралась целая группа для выезда за город, и получалось что-то вроде экскурсии, которая всех нас очень взбадривала.

Из Гёттингена в октябре 1927 года 25-летний Поль Дирак в числе немногих известных в то время физиков поехал на 5-й Сольвеевский конгресс, тема которого была «Электроны и фононы». П. Дирак писал: *«Эта поездка мне очень много дала, потому что я встречался со многими выдающимися физиками, среди которых были Альберт Эйнштейн и Хендрик Лорентц».*

Об отношении Альберта Эйнштейна к науке Поль Дирак говорил, что оно «*связано с бóльшим доверием к фундаментальным идеям, если они опираются на безупречно красивый математический аппарат, чем к экспериментальным результатам. Экспериментаторы всегда переоценивают точность своих данных и склонны совершать ошибки, поэтому не стоит сразу реагировать на их сообщения*».

В сравнении с А. Эйнштейном сам П. Дирак относился к данным экспериментов иначе. Он писал по этому поводу: *«Мне посчастливилось побывать в Кавендишской лаборатории. Я слушал там рассказы экспериментаторов об их работе. Слышал Резерфорда, Астона, Вильсона и многих других. Экспериментаторы научили меня понимать их проблемы».*

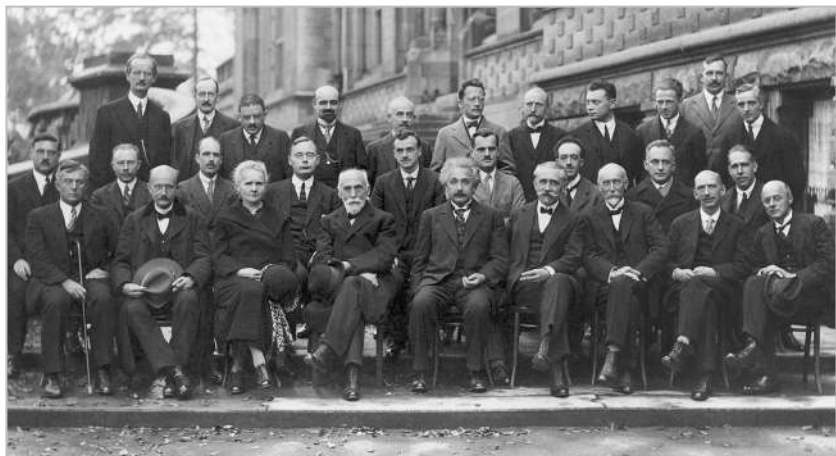
На Сольвеевском конгрессе молодой Поль Дирак сделал доклад о методе вторичного квантования, а при обсуждении вопроса о физической интерпретации квантовой механики высказал свою точку зрения, основанную на его работе об общей интерпретации квантовой механики. Позже П. Дирак написал: *«Эта*



Макс Борн
(1882–1970 (88))
Ноб. пр. 1954 (72)



Роберт Оппенгеймер
(1904–1967 (63))



Участники Пятого Сольвеевского конгресса 1927 года

работа сразу позволила интерпретировать квадрат модуля волновой функции как вероятность получения определённого результата в любом наблюдении над атомной системой. Следует заметить, что к тому же заключению в применении к теории рассеяния независимо пришёл Борн. После появления вероятностной интерпретации пришлось примириться с тем, что результаты наблюдений могут оказаться неопределёнными».

О своей работе в то время Поль Дирак также написал в воспоминаниях: *«В 1927 году меня больше всего интересовала задача – как построить удовлетворительную релятивистскую теорию электрона? Что толку от теории нескольких частиц, если ещё не существует теории одной частицы? Теорию нельзя считать логичной, если она не применима к одной частице. В то же время, рассматривая всего одну частицу, мы должны уметь вычислять для неё вероятности, причём вероятности должны получаться положительными. Откуда следует, что в волновую функцию может входить только её первая производная по времени».*

Автору показалось интересным привести здесь пример, как физик-теоретик подходит к решению необычных задач физики. Вот как описывал Поль Дирак получение уравнения для электрона: *«В течение нескольких месяцев задача оставалась нерешённой, и ответ возник совершенно неожиданно. Идея решения пришла мне в голову, когда я развлекался с математическими формулами. Фактически я придумал метод, с помощью которого квадратный корень из суммы трёх квадратов записывается в виде линейного выражения. Однако если заменить коэффициенты перед величинами в их сумме матрицами 4×4 (вместо 2×2), то можно с лёгкостью вычислить квадратный корень из суммы четырёх, а если нужно, даже пяти квадратов. Так возникло новое волновое уравнение электрона,*

линейное по четырём компонентам релятивистского четырёхвектора энергии-импульса. У меня получилось очень удачное уравнение. Из него автоматически следовало, что спин электрона равен $1/2$, в полном соответствии с требованиями эксперимента, и, кроме того, что электрон обладает магнитным моментом. С помощью этого уравнения я рассчитал в первом приближении уровни атома водорода, и мой результат согласовывался с тем, что давал опыт. Тогда я написал и опубликовал статью, в которой атом водорода рассматривался в первом приближении.

Уравнение П. Дирака было опубликовано 1 февраля 1928 года в статье «Теория электрона» (поступила в редакцию 2 января 1928 года).

Сам П. Дирак, как любой учёный, получив результат, с одной стороны, хотел его опубликовать, а с другой стороны, не мог быть уверен в его надёжности без дополнительных доказательств. И Поль Дирак откровенно писал об этом: *«Почему я сразу не перешёл к рассмотрению высших приближений?*



Поль Дирак
(1902–1984 (82))
Ноб. пр. 1933 (31)

Я просто боялся, что в высших приближениях результат окажется не вполне правильным, и был столь счастлив, что теория верна хотя бы в первом приближении, что хотел закрепить успех публикацией в том виде, в котором работа уже была сделана, не подвергаясь риску неудачи в высших приближениях. Автор новой идеи всегда побаивается какого-нибудь новшества, которое может погубить его идею, а любой другой человек, свободный от таких страхов, способен более решительно продвигаться в новые области». Следует заметить, что Чарльзом Галтоном Дарвиным (1887–1962 (75)) позже были сделаны расчёты для высших приближений, согласовавшиеся с опытом.

Пользуясь воспоминаниями Поля Дирака, можно от него самого узнать, как он пришёл к идее позитрона: *«Пристальное изучение структуры уравнения (матричного) показало, что половина состояний соответствует отрицательным значениям энергии. Надо было просто исключить эти ненаблюдаемые состояния с отрицательными энергиями, и тогда получилась бы теория, в которой все величины можно наблюдать на опыте. Шрёдингер предложил модифицировать теорию, исключив переходы между состояниями с положительной и отрицательной энергией. Однако для этого пришлось видоизменить волновое уравнение, в результате чего был испорчен его релятивистский характер и исчезла его красота. Так что такой путь нельзя считать удовлетворительным».*

И далее: *«Проблема состояний с отрицательной энергией довольно долго оставалась для меня загадкой. Примирившись с тем, что из математической теории эти состояния исключить нельзя, я решил попытаться найти физическое объяснение их существования. Я пришёл к картине мира,*

в которой заняты все состояния с отрицательной энергией и в которой электрон, находящийся в состоянии с положительной энергией, не может совершить переход в состояние с отрицательной энергией. Разумеется, пришлось рассматривать возможность того, что некоторые из состояний с отрицательной энергией окажутся свободными. Возникнут дырки, которые ведут себя как частицы. Но уже с положительной энергией».

Поль Дирак очень просто продолжал своё рассуждение: *«Как только у меня возникла такая идея, я, конечно, сразу подумал о том, что состояния с отрицательной энергией должны соответствовать частицам, имеющим массу, равную массе электрона, но в отличие от электрона, заряженным положительно. Здесь скрывалась серьёзная трудность. В то время были известны электроны, несущие отрицательный заряд, и протоны, несущие положительный заряд. И все были абсолютно уверены, что кроме электрона и протона других элементарных частиц в природе нет. Правда, Резерфорд иногда рассматривал возможность существования третьей частицы – нейтрона».*

Часто открытия совершаются тогда, когда ум исследователя подготовлен к этому открытию. Так было у Альберта Эйнштейна, так было у Эрвина Шрёдингера, так же произошло и у Поля Дирака. Он писал: *«Я вспоминаю, что когда посещал лекции экспериментаторов в Кавендишской лаборатории (в 1926 или в 1927 году), то лектор заметил, что в камере Вильсона наблюдались треки, которые вели в источник. Всё это было замечено мимоходом. Никто не думал исследовать явление подробно, а если бы кто-то это сделал, то пришёл бы к важному открытию. Частицы, которые считались электронами, летящими в источник, на самом деле вылетали из него. Они были заряжены положительно и имели массу, равную массе электрона. Это показывает, как можно просмотреть важное открытие из-за того, что люди не придают достаточного значения тому, что выглядит как курьёз, не стоящий дальнейшей проверки».*

Конечно, это было типичное логическое рассуждение теоретика, но положительно заряженная частица, имеющая ту же массу, что электрон, была открыта через несколько лет. Сначала её наблюдал Патрик Блэкетт и получил снимок, но, будучи осторожным человеком, он не хотел публиковать свой результат до его подтверждения. Карл Андерсон оказался смелее и, получив такой же результат, опубликовал его в 1932 году, за что заслу-



*Патрик Блэкетт
(1897–1974 (77))
Ноб. пр. 1948 (51)*



*Карл Андерсон
(1905–1991 (86))
Ноб. пр. 1936 (31)*



Вернер Гейзенберг (1901–1976 (75))
Ноб. пр. 1932 (31)
и Поль Дирак (1902–1984 (82))
Ноб. пр. 1933 (31)

жил славу первооткрывателя позитрона и в 1936 году (в 31 год) получил Нобелевскую премию по физике за это открытие. Патрик Блэкетт получил Нобелевскую премию по физике лишь в 1948 году *«за усовершенствование метода камеры Вильсона и сделанные в связи с этим открытия в области ядерной физики и космической радиации»*.

В 1930 году Поль Дирак опубликовал книгу *«Основы квантовой механики»*, которая только на русском языке выходила три раза.

В 1933 году Поль Дирак вместе с Эрвином Шрёдингером получили Нобелевскую премию по физике *«за открытие новых перспективных форм атомной теории»*. Вместе с лауреатами 1933 года нобелевскую премию получал и лауреат 1932 года – Вернер Гейзенберг (*«за создание квантовой механики, применение которой привело, помимо прочего, к открытию аллотропических форм водорода»*), который прочитал свой нобелевский доклад 11 декабря 1933 года, а Поль Дирак – 12 декабря.

Поль Дирак писал о необычной эпохе в физике (с 1919 по 1930-е годы XX века): *«Это было время быстрого развития теоретических идей, связанных с фундаментальными основами нашего понимания атома. С тех пор физика, разумеется, не прекращала своего развития, но оно шло совсем другими путями. Экспериментаторы всё больше овладевают инициативой. Они ставят много экспериментов и сообщают о результатах наблюдений»*.

Многократно Поль Дирак, как и другие физики-теоретики, отмечал, что *«красивая теория обладает универсальностью и достаточной силой, чтобы предсказывать, интерпретировать, давать примеры и работать с ними»*.

В нашей стране Поль Дирак был пять раз – в Москве, Ленинграде, путешествовал по Кавказу.



П. Л. Капица и Поль Дирак,
Москва, 1969 год



В. А. Фок и Поль Дирак,
Ленинград, 60-е годы XX века

В статье 1963 года Поль Дирак писал: *«Интерпретационные трудности не слишком беспокоят физиков. Если физик умеет вычислять необходимые результаты и сравнивать их с экспериментом, то при согласии с экспериментом он вполне счастлив, потому что именно этого он хотел. Эти трудности волнуют только философов...»*.

В 1969 году в возрасте 67 лет Поль Дирак ушёл на пенсию. Администрация Кембриджа не сделала для него исключения из правил, и Поль Дирак уехал во Флориду, где продолжал интенсивно работать в Центре теоретической физики в университете штата.

В своих исследованиях последних лет Поль Дирак обращал внимание на условности квантовой механики: *«Исходя из современных основ квантовой механики, люди затратили колоссальный труд, чтобы на примерах отыскать правила устранения бесконечностей в решении уравнений. Но все эти правила, несмотря на то, что вытекающие из них результаты могут согласовываться с опытом, являются искусственными, и я не могу согласиться с тем, что современные основы квантовой механики правильны»*.

Уже в годы работы в США Поль Дирак писал о состоянии физики: *«Я твердо убеждён, что теперь основные уравнения ещё не открыты. Нужны новые релятивистские уравнения. Следует ввести новые виды взаимодействий. Когда это будет придумано, вопросы автоматически разрешатся и отпадёт необходимость в использовании таких нелогичных процедур, как бесконечные перенормировки. С физической точки зрения эти процедуры совершенно бессмысленны, я всегда возражал против этого. В таком подходе результаты получаются, так сказать, на глазок»*.

Поль Дирак был уверен, что *«когда-нибудь правильный гамильтониан будет найден, и тогда обнаружатся какие-то новые степени свободы, что-то такое, чего нельзя почерпнуть из классических идей и что играет важную роль в основаниях квантовой механики»*.

Скончался Поль Дирак 20 октября 1984 года.



Поль Дирак
(1902–1984 (82))
Ноб. пр. 1933 (31)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, дорогой читатель, книга, надеюсь, прочитана.

Автору, конечно, хотелось, чтобы из очерков о великих физиках и мыслителях XX века, материалы для которых почерпнуты мною из их же книг, воспоминаний, выступлений, сложились и были понятны хотя бы основные последовательности рассуждений, а также связанные друг с другом экспериментальные факты, которые привели физику к тому состоянию, в котором она оказалась к 50-м годам прошлого столетия, уже ушедшего в историю. Ведь именно этот уровень физики обеспечил в XX веке возможность грандиозных шагов науки в целом, которые привели к общему прогрессу в технике сегодня.

В своей лекции 28 февраля 1956 года *«Польза и уроки истории наук»* Луи де Бройль говорил: ***«Очевидно, что духовная, моральная или материальная культура какой-либо эпохи в весьма большой степени является следствием научных знаний этой эпохи и техники, которой они располагают. История эпохи будет обязательно неполной, если не изучаются её наука и техника».***

Все современные успехи научно-технического прогресса человечества основываются на достижениях новой физики XX века, которые были добыты, осмыслены и сформулированы именно теми физиками, о которых рассказано в книге, именно в их, как правило, молодые годы. Очень большую роль в становлении и развитии квантовой и атомной физики, несомненно, сыграли физики-теоретики. ***«Теоретические исследования, – писал Фредерик Жолио-Кюри, – это изучение явлений самих по себе, без их промышленного применения. Но заметьте, что нет ни одного научного открытия, которое рано или поздно не получало бы практического применения».***

Ученик Арнольда Зоммерфельда и Нильса Бора, физик-теоретик Вернер Гейзенберг, который в 26 лет сформулировал принцип неопределённости, позднее написал: ***«Научный прогресс требует от того, кто ему призван содействовать, в общем, лишь одного – восприятия и развития новых идей; люди науки к этому почти всегда готовы. Но когда приходится вступать на действительно новую землю, может случиться так, что мало воспринять содержание новых идей, надо ещё и изменить саму структуру мышления, чтобы понять новое. К этому многие явно не расположены или не готовы».*** И это понимал не только Вернер Гейзенберг. Во время диспута о популяризации науки Пьер Оже напомнил: ***«Как часто сами учёные должны прилагать большие усилия, чтобы создать новые абстракции».*** В связи с этим он цитировал Макса Планка, который с грустью констатировал, что ***«большинство его коллег испытывало значительные трудности при восприятии созданной им квантовой теории».***

Было бы замечательно, если кому-то из читателей этой книги пригодились сведения и заметки, собранные в ней. Автору хотелось немного приот-

крыть внутренний мир физиков, показать их побуждения, как они преодолевали жизненные, можно сказать, бытовые трудности, как они всегда были устремлены к достижению поставленных целей в науке.

Луи де Бройль предостерегал: *«Мы никогда не должны забывать (история наук это доказывает), что каждый успех нашего познания ставит больше проблем, чем решает, и что в этой области каждая новая открытая земля позволяет предполагать существование ещё не известных нам необъятных континентов».*

Если попытка автора, хоть в небольшой мере, оказалась полезной для понимания личностей физиков, совершивших грандиозное изменение в научном мировоззрении людей, и возможности использования их примеров мышления, то автор будет надеяться, что работал не зря.

Автор понимает, что эта книга является лишь одной из попыток донести до читателя совокупность фактов, приведших физиков в XX веке к осознанию и развитию квантового подхода к пониманию и описанию физических процессов. Все замечания и предложения по улучшению содержания книги будут приняты с благодарностью.

Список литературы

1. *Абрагам А.* Время вспять. М.: Наука, 1991.
2. *Алфёров Ж. И.* Физика XXI века. СПб., 1999.
3. *Алфёров Ж. И.* Физика и жизнь. СПб.: Наука, 2000.
4. *Алфёров Ж. И.* Наука и общество. СПб.: Наука, 2005.
5. Библиографический указатель. Лекции и речи лауреатов Нобелевских премий в русских переводах 1901–2002 / СПб НЦ РАН, БАН. СПб., 2003.
6. *Бор Н.* Атомная физика и человеческое познание. М.: Иностран. лит., 1961.
7. *Бор Н.* Жизнь и творчество. М.: Наука, 1967.
8. *Борн М.* Физика в жизни моего поколения. М.: Иностран. лит., 1963.
9. *Борн М.* Моя жизнь и взгляды. М.: Прогресс, 1973.
10. *Бройль Л. де.* По тропам науки. М.: Изд-во иностран. лит., 1962.
11. *Бройль Л. де.* Революция в физике. М.: Атомиздат, 1965.
12. *Гейзенберг В., Шредингер Э., Дирак П.* Современная квантовая механика: Три нобелевских доклада. Л. – М.: Гостехтеоретиздат, 1934.
13. *Гейзенберг В.* Развитие понятий в физике XX столетия // Вопр. филос. 1973. № 1. С. 79–88.
14. *Гейзенберг В.* Физика и философия. Часть и целое. М.: Физматлит, 1989.
15. *Гернек Ф.* Пионеры атомного века. Великие исследователи от Максвелла до Гейзенберга. М.: Прогресс, 1974.
16. *Дирак П. А. М.* Пути физики. М.: Энергоатомиздат, 1983.
17. *Дирак П. А. М.* Воспоминания о необычной эпохе: сб. ст. М.: Наука, 1990.
18. Замечательные учёные / под ред. П. Л. Капицы. М.: Наука, 1980. (Библиотечка «Квант»).
19. *Зелинг К.* Альберт Эйнштейн. М.: Атомиздат, 1964.
20. *Зоммерфельд А.* Пути познания в физике. М.: Наука, 1973.
21. *Капица П. Л.* Ломоносов, Франклин, Резерфорд, Ланжевэн. М.: Знание, 1965.
22. *Картер П., Хайфилд Р.* Эйнштейн. М.: Захаров, АСТ, 1988.
23. *Кедров Ф.* Капица. Жизнь и открытия. М.: Моск. рабочий, 1979.
24. *Кюри Е.* Мария Кюри. М.: Атомиздат, 1977.
25. Лауреаты Нобелевской премии по физике. Биографии, лекции, выступления. Т. 1. 1901–1950 / под ред. акад. Б. П. Захарчени, д-ра физ.-мат. наук, проф. Э. А. Троппа. СПб.: Наука, 2005.
26. *Лауэ М.* История физики. М.: Гостехтеоретиздат, 1956.
27. *Линднер Г.* Картины современной физики. М.: Мир, 1977.
28. *Липсон Г.* Великие эксперименты в физике. М.: Мир, 1972.
29. *Месси Г.* Новая эра в физике. М.: Госатомиздат, 1963.
30. *Мур Р.* Нильс Бор – человек и ученый. М.: Мир, 1969.

31. **Пайерлс Р.** Ранние годы квантовой механики // Квант. 1988. Вып. 10. С. 2–9.
32. **Паули В.** Физические очерки. М.: Наука, 1975.
33. **Паули В.** Труды по квантовой теории. М.: Наука, 1977.
34. **Планк М.** Единство физической картины мира: сб. ст. М.: Наука, 1966.
35. Развитие современной физики. М.: Наука, 1964.
36. Поль Дирак и физика XX века. М.: Наука, 1990.
37. Теоретическая физика XX века: сб. ст. М.: Изд-во иностр. лит., 1962.
38. **Вернер Г.** Памяти Макса Борна // УФН. 1970. Т. 102, вып. 1. С. 149.
39. **Борн М.** Воспоминания // УФН. 1970. Т. 102, вып. 1. С. 152.
40. **Бете Г. А.** Энергия на Земле и в звёздах // УФН. 1970. Т. 102, вып. 2. С. 280.
41. **Дирак П. А. М.** Методы теоретической физики // УФН. 1970. Т. 102, вып. 2. С. 291.
42. **Гейзенберг В.** Теория, критика и философия // УФН. 1970. Т. 102, вып. 2. С. 298.
43. **Фок В. А.** Квантовая физика и строение материи. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1965.
44. **Фок В. А.** Теория Эйнштейна и физическая относительность. М.: Знание, 1967.
45. **Франкфурт У. И., Френк А. М.** У истоков квантовой теории. М.: Наука, 1975.
46. **Френкель Я. И.** Теоретическая физика в СССР за 30 лет // УФН. 1947. Т. XXXIII, вып. 3. С. 294–317.
47. **Френкель В. Я.** Последние работы. Воспоминания коллег и друзей / ФТИ им. А. Ф. Иоффе. СПб., 2002.
48. **Храмов Ю. А.** Физики (биограф. справ.). М.: Наука, 1983.
49. **Хунд Ф.** История квантовой теории. Киев: Наук. думка, 1980.
50. **Чолаков В.** Нобелевские премии (Учёные и открытия). М.: Мир, 1986.
51. **Шрёдингер Э.** Новые пути в физике. Статьи и речи. М.: Наука, 1971.
52. **Шрёдингер Э.** Что такое жизнь? С точки зрения физика. М.: Атомиздат, 1972.
53. **Эйнштейн А., Инфельд Л.** Эволюция физики. М.: Наука, 1965.
54. **Эренфест П.** Относительность. Кванты. Статистика. М.: Наука, 1972.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Алфавитный список учёных, упомянутых в части I книги

Абрагам Анатолий (1914–2011 (97)) – французский физик; развил теорию расщепления сверхтонкой структуры; в 1953 г. независимо от других наблюдал эффект Оверхаузера; в 1970 г. открыл ядерный антиферромагнетизм и в 1973 г. – ядерную прецессию нейтронов.

Абрагам Макс (1875–1922 (47)) – немецкий физик-теоретик; в 1902 (27) г. сформулировал первую гипотезу о структуре электрона, который представляет собой твёрдый шарик с равномерно распределённым зарядом.

Алфёров Жорес Иванович (р. 15.03.1930; Ноб. пр. 2000 (70) «за развитие полупроводниковых гетероструктур для высокоскоростной и оптоэлектроники») – советский и российский физик; в 1963 г. начал изучение полупроводниковых гетеропереходов, а вскоре сформулировал новые общие принципы управления электронными и световыми потоками в гетероструктурах, что позволило кардинально улучшить параметры большинства известных полупроводниковых приборов и создать новые и перспективные для применения в оптической и квантовой электронике – в мобильных телефонах, проигрывателях компакт-дисков, светодиодах, солнечных батареях и волоконно-оптических линиях связи; в начале 1990-х гг. одним из основных направлений работ становится получение и исследование свойств наноструктур пониженной размерности – квантовых проволок и квантовых точек.

Андерсон Карл (1905–1991 (86); Ноб. пр. 1936 (31) «за открытие позитрона») – американский физик; в 1932 г. открыл необычные треки некоторой частицы на снимках пузырьковой камеры, которые он правильно интерпретировал как треки, принадлежащие частице с массой электрона, но имеющей противоположный электрический заряд, открытие подтвердило теоретические рассуждения Поля Дирака о существовании позитрона; в 1936 г. открыл мюон (который долгое время был известен под именем мю-мезон) – субатомную частицу, которая в 207 раз тяжелее электрона.

Аррениус Сванте (1859–1927 (68); Ноб. пр., хим. 1903 (44) «как факт признания особого значения его теории электролитической диссоциации для развития науки») – шведский физикохимик; в 1887 (28) г. разработал теорию электролитической диссоциации; в 1889 г. установил зависимость скорости химических реакций от температуры (закон Аррениуса).

Астон Фрэнсис Уильям (1877–1945 (68); Ноб. пр., хим. 1922 (45) «за сделанное с помощью им же изобретённого масс-спектрографа открытие изотопов большого числа нерадиоактивных элементов и за формулирование правила целых чисел») – английский физик и химик; в 1913 (36) г. предложил метод газовой диффузии для разделения изотопов, а позднее – электромагнитный; в 1919 (42) г. сконструировал масс-спектрограф и доказал наличие изотопов у хлора и ртути; в 1927 г. из измерений массы ряда изотопов построил первую кривую упаковочных коэффициентов, характеризующих энергию связи атомных ядер; в 1931 г. открыл изотоп урана-238.

Бальмер Иоганн Якоб (1825–1898 (73)) – швейцарский физик и математик; в 1885 (60) г. показал, что длины волн линий видимой части спектра атома водорода связаны между собой простой зависимостью (формула Бальмера).

Бардин Джон (1908–1991 (83); Ноб. пр. 1956 (48) «за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта» (с У. Шокли и У. Браттейном); Ноб. пр. 1972 (64) «за совместное создание теории сверхпроводимости, обычно называемой БКШ-теорией» (с Л. Купером и Дж. Шриффером)) – американский физик; в 1948 (40) г. открыл вместе с У. Браттейном транзисторный эффект и создал кристаллический триод с точечным контактом – первый полупроводниковый транзистор; в 1940 г. рассмотрел механизм рассеяния на донорах и акцепторах; в 1950 г. предсказал притяжение между электронами за счёт обмена виртуальными фононами; в 1957 г. построил совместно с Л. Купером и Дж. Шриффером микроскопическую теорию сверхпроводимости; в 1961 г. предложил метод эффективного гамма-тоннеля в теории туннелирования.

Басов Николай Геннадьевич (1922–2001 (79); Ноб. пр. 1964 (42) «за фундаментальные работы в области квантовой электроники, которые привели к созданию осцилляторов и усилителей, основанных на принципе лазера-мазера» (совместно с А. М. Прохоровым и Ч. Таунсом)) – советский и российский физик; в 1954 (32) г. вместе с А. М. Прохоровым создал первый квантовый генератор на пучке молекул аммиака; в 1961 г. указал на возможность использования лазеров в термоядерном синтезе и создал другие методы стимулирования процессов лазерным излучением.

Беккерель Анри (1852–1908 (56); Ноб. пр. 1903 (51) «в знак признания его выдающихся заслуг, выразившихся в открытии самопроизвольной радиоактивности» (совместно с Пьером и Марией Кюри «в знак признания их совместных исследований явлений радиации, открытых профессором Анри Беккерелем»)) – французский физик; в 1896 (44) г. открыл естественную радиоактивность урановой соли; в 1900 г. первый измерил отношение заряда к массе бета-частиц и установил, что оно такого же порядка, как и для катодных лучей.

Бете Ханс (1906–2005 (99); Ноб. пр. 1967 (61) «за вклад в теорию ядерных реакций, особенно за открытия, касающиеся источников энергии звезд») – немецкий физик; в 1929 (23) г. разработал теорию кристаллического поля; в 1934 (28) г. вывел формулу потерь энергии заряженной частицы при движении в веществе; в 1937 (31) г. развил каскадную теорию ливней в космических лучах, статистическую теорию ядра; открыл циклы термоядерных реакций, являющиеся источниками энергии звёзд главной последовательности: протон-протонной в 1938 г. и углеродной в 1938–1939 гг.; в 1947 г. предположил существование двух различных типов мезонов, выдвинул идею перенормировки массы; в 1951 г. вывел уравнение для системы двух взаимодействующих частиц (уравнение Бете–Солпитера).

Блэккетт Патрик (1897–1974 (77); Ноб. пр. 1948 (51) «за усовершенствование метода камеры Вильсона и сделанные в связи с этим открытия в области ядерной физики и космической радиации») – английский физик; усовершенствовал камеру Вильсона и в 1925 (28) г. получил фотографии расщепления атомных ядер

азота альфа-частицами – первое доказательство существования протона и искусственного превращения элементов; в 1933 г. обнаружил позитроны в космических лучах и открыл явление образования электрона и позитрона из гамма-кванта.

Бозе Шатъендранат (1894–1974 (80)) – индийский физик; один из создателей квантовой статистики частиц с целыми спинами (бозонов) в 1924 (30) г. – статистики Бозе–Эйнштейна; применив статистику к фотонам, вывел закон Планка для теплового излучения абсолютно чёрного тела.

Больцман Людвиг (1844–1906 (62)) – австрийский физик-теоретик; в 1866 (22) г. вывел закон распределения газовых молекул по скоростям (статистика Больцмана); в 1872 (28) г. вывел кинетическое уравнение газов, являющееся основой физической кинетики, связал энтропию физической системы с вероятностью её состояния; в 1884 г. теоретически вывел закон теплового излучения, когда излучаемая энергия абсолютно чёрного тела пропорциональна четвёртой степени температуры (экспериментально установлен в 1879 г. (закон Стефана–Больцмана)).

Бор Нильс (1885–1962 (77); *Ноб. пр.* 1922 (37) «за заслуги в исследовании строения атомов и испускаемого ими излучения») – датский физик-теоретик; в 1913 (28) г. создал теорию водородоподобного атома (первая квантовая модель атома); в 1918 (33) г. сформулировал принцип соответствия; в 1923 г. объяснил особенности Периодической системы элементов Д. И. Менделеева.

Бор Оге (1922–2009 (87); *Ноб. пр.* 1975 (53) «за открытие взаимосвязи между коллективным движением и движением отдельной частицы в атомном ядре и развитие теории строения атомного ядра, базирующейся на этой взаимосвязи» (совместно с Б. Моттельсоном и Л. Рейнуотером)) – датский физик-теоретик; в 1950–1952 (28–30) гг. совместно с Б. Моттельсоном разработал коллективную модель ядра; в 1958 г. совместно с Б. Моттельсоном и Д. Пайнсом предположил возможность существования сверхтекучести адронов в ядрах.

Борн Макс (1882–1970 (88); *Ноб. пр.* 1954 (72) «за фундаментальные исследования в квантовой механике, особенно за его статистическую интерпретацию волновой функции» (совместно с В. Боте «за метод совпадений и сделанные с его помощью открытия»)) – немецкий физик-теоретик; в 1926 (44) г. дал статистическую интерпретацию волновой функции; разработал (совместно с В. Гейзенбергом и П. Йорданом) формализм матричной механики; создал способ расчёта электронных оболочек атома; разработал метод решения квантово-механических задач о столкновении частиц, основанный на методе возмущений (борновское приближение); ввёл совместно с Н. Винером понятие оператора; в 1927 г. совместно с Р. Оппенгеймером разработал теорию строения двухатомных молекул; в 1934 г. совместно с Л. Инфельдом создал феноменологическую модель классической электродинамики (теория Борна–Инфельда); создал в Гёттингене школу физиков-теоретиков, подготовив более 20 крупнейших физиков, из которых шестеро стали лауреатами Нобелевской премии).

Боте Вальтер (1891–1957 (66); Ноб. пр. 1954 (63) «за метод совпадений и сделанные с его помощью открытия» (совместно с М. Борном)) – немецкий физик; в 1924 (33) г. разработал метод совпадений; в 1929 (38) г. обнаружил в составе космических лучей заряженные частицы, проходящие сквозь значительные толщины поглощающих веществ; в 1930 г. при облучении бериллия α -частицами обнаружил неизвестное излучение, принятое за гамма-лучи (правильная интерпретация – Дж. Чэдвик, нейтроны); в 1935 (44) г. предложил запись уравнений ядерных реакций.

Браве Огюст (1811–1863 (52)) – французский физик; в 1848 (37) г. положил начало геометрической теории структуры кристаллов – высказал гипотезу, что пространственные решётки кристаллов построены из закономерно расположенных в пространстве точек – узлов, которые могут быть получены путём параллельных переносов (трансляций); установил основные виды пространственных ядерёток кристаллов (решётки Браве).

Браттейн Уолтер (1902–1987 (85); Ноб. пр. 1956 (54) «за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта» (с Дж. Бардиным и У. Шокли)) – американский физик; в 1948 (46) г. совместно с Дж. Бардиным открыл транзисторный эффект и построил первый полупроводниковый транзистор – кристаллический триод с точечным контактом; в 1954–1955 гг. разработал методы получения поверхностей p - и n -типов.

Бройль Луи де (1892–1987 (95); Ноб. пр. 1929 (37) «за открытие волновой природы электронов») – французский физик-теоретик; в 1923 (31) г. распространил идею А. Эйнштейна о двойственной природе света на вещество (на частицы), предположив, что поток материальных частиц должен обладать и волновыми свойствами, связанными с массой и энергией.

Брэгги Генри (1862–1942 (80) (отец); Ноб. пр. 1915 (53)) и **Лоуренс** (1890–1971 (81) (сын); Ноб. пр. 1915 (25)) («за заслуги в исследовании структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей») – английские физики; в 1912 г. при использовании явления дифракции рентгеновских лучей на кристаллах получено экспериментальное доказательство периодичности атомной структуры кристаллов. Генри Брэгг в 1913 г. изобрёл рентгеновский спектрометр. Лоуренс Брэгг в 1912 г. (независимо от Ю. Вульфа) нашёл уравнение, связывающее длину волны рентгеновского излучения с периодом кристаллической решётки (формула Вульфа–Брэгга); в 1939 г. получил оптическое изображение атомной структуры кристалла (идея рентгеновского микроскопа).

Вайскопф Виктор Фредерик (1908–2002 (94)) – немецкий и американский физик; в 1934 (26) г. совместно с В. Паули показал возможность построения последовательной теории скалярного поля; в 1936 (28) г. исследовал влияние конечных размеров ядер на сверхтонкую структуру (эффект Бора–Вайскопфа); в 1938 (30) г. совместно с Г. Фешбахом развил теорию ядерных реакций; в 1950 г. описал рассеяние носителей на заряженных примесях и дефектах (форму-

ла Вайскопфа–Корнуэлла); в 1954 г. разработал оптическую модель ядра (совместно с Г. Фешбахом и К. Поттером); в 1961–1965 гг. – генеральный директор Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН).

Вант-Гофф Якоб Фредерик (1852–1911 (59); *Ноб. пр., хим.* 1901 (49) «в знак признания огромной важности открытия им законов химической динамики и осмотического давления в растворах») – нидерландский физико-химик; в 1874–1975 (22–23) гг. развил теорию пространственного размещения атомов в молекулах органических соединений (стереохимическая гипотеза).

Варбург Эмиль Габриель (1846–1931 (85)) – немецкий физик; в 1881 (35) г. установил связь циклического намагничивания ферромагнетиков с потерей механической и электромагнитной энергии; в 1905–1922 гг. – президент Физико-технического института в Берлине; автор «Курса опытной физики», выдержавшего 24 издания.

Вейцеккер Карл Фридрих фон (1912–2007 (95)) – немецкий физик-теоретик; в 1935 (23) г. предложил полумпирическую формулу для энергии связи ядра (формула Вейцеккера); в 1936 (24) г. заложил основы теории изомерии атомных ядер; в 1938–1939 (26–27) гг. открыл (независимо от Г. Бете) углеродно-азотный цикл; в 1944 (32) г. высказал гипотезу образования планетной системы.

Вигнер Юджин Поль (1902–1995 (93); *Ноб. пр.* 1963 (61) «за его вклад в теорию атомного ядра и элементарных частиц, в частности, за открытие и применение фундаментальных принципов симметрии» (совместно с М. Геллерт-Майер и Дж. Йенсеном)) – американский физик-теоретик; в 1927 (25) г. совместно с П. Йорданом построил теоретический аппарат, эквивалентный волновой механике; разработал метод вторичного квантования; ввёл представление о чётности волновой функции и открыл зеркальную симметрию (сохранение пространственной чётности), сформулировав закон сохранения чётности; в 1928 (26) г. провёл квантование электронного поля; в 1937 г. независимо от других ввёл понятие изотопического спина и впервые сформулировал закон сохранения изотопического спина в нуклон-нуклонных взаимодействиях; предложил однородную модель ядра (модель Вигнера); в 1939 г. обосновал возможность протекания в уране цепной ядерной реакции деления; в 1942 г. в составе группы Э. Ферми принимал участие в сооружении первого атомного реактора в США, возглавлял работы в США по теории ядерных реакторов; в 1949 г. сформулировал закон сохранения барионного заряда.

Видеман Густав Генрих (1826–1899 (73)) – немецкий физик; в 1853 г. совместно с Р. Францем установил зависимость отношения теплопроводности металлов к их электропроводности от температуры (закон Видемана–Франца); в 1858 г. открыл эффект закручивания ферромагнитного стержня с током при его намагничивании вдоль оси (эффект Видемана).

Вильсон Чарльз Томсон Рис (1869–1959 (90); *Ноб. пр.* 1927 (58) «за метод визуального обнаружения траекторий электрически заряженных частиц с помощью конденсации пара») – английский физик; в 1897 (28) г. открыл метод конденсации пара, показав, что при определённых условиях каждый заряженный ион

становится центром конденсации паров воды; в 1912 (43) г. изобрёл камеру для наблюдения следов заряженных частиц (камера Вильсона).

Вин Вильгельм (1864–1928 (64); *Ноб. пр.* 1911 (47) «за открытия в области законов, управляющих тепловым излучением») – немецкий физик; в 1893 (29) г. распространил понятия температуры и энтропии на тепловое излучение и показал, что максимум излучения в спектре абсолютно чёрного тела с увеличением температуры смещается в сторону коротких волн (закон смещения Вина); в 1896 (32) г. вывел закон распределения энергии в спектре чёрного тела (закон излучения Вина).

Вин Макс Карл (1866–1938 (72)) – немецкий физик; исследовал высокочастотные электромагнитные волны, искровые разряды, поведение электролитов при высоких напряжениях; в 1906 г. предложил специальный разрядник, препятствующий возврату энергии из антенны в первичный колебательный контур.

Габер Фриц (1868–1934 (66); *Ноб. пр., хим.* 1918 (50) «за его вклад в осуществление синтеза аммиака, необходимого для производства удобрения и взрывчатки») – немецкий химик; совместно с М. Борном предложил цикл Борна–Габера как метод оценки энергии кристаллической решётки твёрдых веществ, образованных ионными связями; называют «отцом химического оружия» за его работы в области разработки и применения хлора и других отравляющих газов во время Первой мировой войны.

Газенорль Фридрих (1874–1915 (41)) – австрийский физик; работы в области кинетической теории, термодинамики, статистической механики, электродинамики, оптики движущихся тел, теории относительности, квантовой теории; 1904–1905 гг. первым попытался на квантовой основе интерпретировать серию Бальмера.

Гайтлер Вальтер Генрих (1904–1981 (77)) – немецкий физик-теоретик; вместе с Ф. Лондоном впервые приближённо рассчитал молекулу водорода (метод Гайтлера–Лондона), чем было положено начало квантовой химии; в 1929 г. вместе с Г. Герицбергом определил статистику ядра азота, подчиняющегося статистике Бозе–Эйнштейна; в 1934 г. совместно с Х. Бете разработал теорию радиационных потерь электрона при движении в веществе; в 1938 г. построил векторную мезонную теорию ядерных сил; в 1940 г. ввёл представление о высших спинных и зарядовых состояниях.

Галилей Галилео (1564–1642 (78)) – итальянский физик и астроном; начал фундаментальные исследования в механике и астрономии как науках; вывел принцип относительности для прямолинейного и равномерного движения и принцип постоянства ускорения силы тяжести; в 1604–1609 гг. установил закон инерции, законы свободного падения, законы движения тела по наклонной плоскости и тела, брошенного под углом к горизонту, открыл закон сложения движений и закон постоянства периода колебаний; в 1609 г. построил первую подзорную трубу; обнаружил горы на Луне, четыре спутника Юпитера, доказательства, что Млечный Путь состоит из множества звезд; определил удельный вес воздуха с помощью изобретённых гидростатических весов.

Гамильтон Уильям Роуан (1805–1865 (60)) – ирландский математик и физик; в 1834 г. установил аналогию между классической механикой и геометрической оптикой (аппарат функции Гамильтона); в 1828 г. предсказал явление конической рефракции в кристалле; разработал аналогию между корпускулярной и волновой оптикой, использованной через 100 лет Э. Шрёдингером; матричный аппарат Гамильтона используется при решении задач квантовой механики.

Гамов Джордж (Георгий Антонович) (1904–1968 (64)) – американский физик-теоретик; в 1928 (24) г. независимо от Р. Гёрни и Э. Кондона применил квантовую механику для объяснения α -распада, показав, что частицы даже с не очень большой энергией могут с определённой вероятностью проникать через потенциальный барьер; в 1928 г. создал модель прямоугольной потенциальной ямы, в результате возникло представление о «туннельном эффекте»; в 1936 (32) г. совместно с Э. Теллером установил правила отбора в теории β -распада; в 1942 г. создал модель оболочки красного гиганта, исследовал роль нейтрино при вспышках новых и сверхновых звезд; в 1956 г. предсказал реликтовое излучение на основе разработанной в 1946–1948 гг. теории образования химических элементов путём последовательного нейтронного захвата.

Ган Отто (1879–1968 (89); Ноб. пр., хим. 1944 (65) «за открытие расщепления тяжёлых ядер») – немецкий радиохимик и физик; в 1921 (42) г. открыл ряд радиоактивных элементов (радиоторий, протактиний), явление ядерной изомерии в естественных радиоактивных элементах; в 1938 (59) г. открыл расщепление ядер урана.

Гаудсмит Сэмюэль Абрахам (1902–1978 (76)) – американский физик; в 1925 (23) г. ввёл понятие спина электрона (вместе с Дж. Уленбеком), определил спин ядра; в 1944–1945 гг. принимал участие в американской миссии «Алсос», занимавшейся сбором информации о состоянии атомных исследований в Германии, вывозом документации и оборудования по атомной проблеме из германских институтов.

Гейгер Ханс Вильгельм (1882–1945 (63)) – немецкий физик-экспериментатор; в 1908 (26) г. измерил заряд электрона и вместе с Э. Резерфордом изобрёл прибор для регистрации (счёта) отдельных заряженных частиц (позже усовершенствованный счётчик Гейгера); в 1909–1910 гг. вместе с Э. Марсденом установил при рассеянии α -частиц на тонких металлических плёнках, что небольшое количество частиц рассеивается на угол больше 90° – решающая роль в открытии Э. Резерфордом атомного ядра.

Гейзенберг Вернер Карл (1901–1976 (75); Ноб. пр. 1932 (31) «за создание квантовой механики, применение которой привело, помимо прочего, к открытию аллотропических форм водорода») – немецкий физик-теоретик; в 1925 (24) г. разработал матричную механику – первый вариант квантовой механики; в 1927 (26) г. сформулировал принцип неопределённости; в 1928 г. вместе с П. Дираком выдвинул идею обменного взаимодействия; в 1929 г. совместно с В. Паули предпринял попытку дать формулировку квантовой электродинамики; в 1934–1936 гг. развил теорию дырок П. Дирака; в 1943 г. в квантовой теории поля ввёл матрицу рассеяния (S -матрица).

Гельмгольц Герман фон (1821–1894 (73)) – немецкий естествоиспытатель; в 1847 (26) г. сформулировал и математически обосновал закон сохранения энергии; в 1858 (37) г. заложил основы теории вихревого движения жидкости, в аэродинамике – работы по теории разрывных движений; в 1881 г. выдвинул идею атомарного строения электричества; в физиологической акустике открыл комбинационные тоны, выдвинул резонансную теорию слуха, построил модели уха; в физиологии зрения предложил теорию аккомодации, учение о цветном зрении.

Герлах Вальтер (1889–1979 (90)) – немецкий физик-экспериментатор; в 1922 (33) г. экспериментально доказал наличие магнитного момента у атома (пространственное квантование, опыт Штерна–Герлаха); в 1926 (37) г. положил начало количественному спектральному анализу.

Герц Генрих Рудольф (1857–1894 (37)) – немецкий физик; в 1887 (30) г. предложил удачную конструкцию генератора электромагнитных колебаний (генератор Герца) и метод их обнаружения с помощью резонанса (резонатор Герца); в 1888 г. с помощью генератора и резонатора доказал существование электромагнитных волн, распространяющихся в свободном пространстве, предсказанных теорией Максвелла; установил, что скорость распространения электромагнитных волн равна скорости света; в 1890 г. придал симметричную форму уравнениям Максвелла, что подтвердило полную взаимосвязь между электрическими и магнитными явлениями (электродинамика Максвелла–Герца); в 1891 г. открыл проницаемость металлов для катодных лучей.

Герц Густав Людвиг (племянник Генриха Герца) (1887–1975 (88); Ноб. пр. 1925 (38) «за открытие законов соударений электронов с атомами» (вместе с Дж. Франком)) – немецкий физик; в 1912–1914 (25–27) гг. выполнил эксперименты по возбуждению и ионизации атомов в парах ртути ударами электронов (опыты Франка–Герца), в результате чего было доказано существование в атомах дискретных уровней энергии, что подтверждало квантовую теорию атома Бора; разработал метод разделения изотопов путём диффузии.

Гиббс Джозайя Уиллард (1839–1903 (64)) – американский физик-теоретик; разработал энтропийные диаграммы, в 1871–1873 (32–34) гг. показал, что трёхмерные диаграммы позволяют представить все термодинамические свойства вещества, положил начало геометрической термодинамике; в 1875 г. сформулировал правило фаз, построил общую теорию поверхностных явлений; впервые развил общий подход, позволяющий выразить термодинамические свойства любой химической системы через микроскопические механические свойства молекул, ввёл каноническое, микроканоническое и большое каноническое распределения.

Гильберт Давид (1862–1943 (81)) – немецкий математик и логик; проводил исследования по теории инвариантов, теории чисел, основаниям геометрии, теории интегральных и дифференциальных уравнений, математической физике и логике, нашёл решение проблемы Дирихле, провёл основные исследования по функциональному анализу.

Гитторф Иоганн Вильгельм (1824–1914 (90)) – немецкий физик и химик; в 1856 (32) г. разработал теорию электролитической проводимости; в 1869 г. описал свойства катодных лучей; в 1884 г. показал, что нагревание отрицательного электрода облегчает разряд в вакууме; наблюдая спектры различных веществ, ввёл полосатые и линейчатые спектры.

Грот Пауль Генрих фон (1843–1927 (84)) – немецкий кристаллограф и минералог; основатель химической кристаллографии, сторонник гипотезы структуры кристаллов в виде пространственной решётки; в 1876 г. основал журнал *«Zeitschrift fuer Kristallographie und Mineralogie»*; автор 5-томного справочника *«Химическая кристаллография»*.

Гуйгенс Христиан (1629–1695 (66)) – голландский физик, механик, математик и астроном; сконструировал окуляр и в 1655 (26) г. открыл кольцо Сатурна и его первый спутник Титан с помощью сконструированного телескопа; в 1665 (36) г. сконструировал первые маятниковые часы со спусковым механизмом; решил задачу об определении центра колебаний физического маятника и его периода колебаний, вместе с Р. Гуком установил постоянные точки термометра – точку таяния льда и точку кипения воды; в 1669 г. вывел законы столкновения упругих тел; в 1678 г. разработал волновую теорию света, выдвинув известный принцип (его имени), открыл поляризацию света; ввёл понятие «ось кристалла».

Дебай Питер Йозеф Вильгельм (1884–1966 (82); Ноб. пр., хим. 1936 (52) «за вклад в наше понимание молекулярной структуры в ходе исследований дипольных явлений и дифракции рентгеновских лучей и электронов в газах») – физик и химик; в 1912 (28) г. ввёл представление о твёрдом теле как изотропной упругой среде (модель твёрдого тела Дебая); рассчитал спектр собственных частот кристалла; показал пропорциональность теплоёмкости решётки T^3 при низких температурах (закон теплоёмкости Дебая); в 1916 (32) г. ввёл магнитное квантовое число; в 1923 (39) г. получил зависимость коэффициента активности от концентрации в электролитах (метод Дебая–Хюккеля); в 1932 г. обнаружил дифракцию света на ультразвуке.

Джинс Джеймс Хопвуд (1877–1946 (69)) – английский физик и астрофизик; в 1904 (27) г. разработал динамическую теорию газов; в 1905 (28) г. вывел формулу для плотности энергии при излучении абсолютно чёрного тела (формула Рэлея–Джинса).

Дирак Поль Адриен Морис (1902–1984 (82); Ноб. пр. 1933 (31) «за открытие новых перспективных форм атомной теории» (вместе с Э. Шрёдингером)) – английский физик-теоретик; в 1926 (24) г. разработал математический аппарат квантовой механики – теорию преобразований, а также статистику частиц с полуцелым спином (статистика Ферми–Дирака); в 1927 (25) г. предложил метод вторичного квантования; в 1928 (26) г. построил релятивистскую теорию движения электрона, из которой предположил существование позитрона; вместе с В. Гейзенбергом открыл обменное взаимодействие; в 1930 (28) г. построил теорию дырок; в 1931 (29) г. предсказал существование античастиц; в 1942 г. ввёл понятие индефинитной метрики с целью устранения бесконечности собственной энергии электрона; в 1962 г. разработал теорию мюона.

Друде Пауль Карл Людвиг (1863–1906 (43)) – немецкий физик; создал теорию дисперсии света; первым обнаружил и объяснил аномальную дисперсию диэлектрической проницаемости; в 1900 г. независимо от Дж. Дж. Томсона заложил основы классической электронной теории металлов; с 1900 г. был редактором журнала *«Annalen der Physik»*.

Жолио-Кюри Ирен (1897–1956 (59); Ноб. пр., хим. 1935 (38)) и **Фредерик (1900–1958 (58); Ноб. пр., хим. 1935 (35))** (*«за выполненный синтез новых радиоактивных элементов»*) – французские физики и радиохимики; с 1928 г. начаты совместные систематические исследования ядерных реакций, вызываемых α -частицами при облучении ими лёгких ядер; в 1934 г. – открытие корпускулярной (а не электромагнитной) природы излучения облучённого α -частицами бериллия, но не понятно, что это поток нейтронов (открытие Дж. Чэдвиком в 1932 г. нейтрона); открытие явления искусственной радиоактивности; получены искусственные радиоактивные изотопы; открытие нового вида превращений – позитронной радиоактивности; в 1938 г. Ирен Жолио-Кюри совместно с П. Савичем установила, что одним из продуктов ядерной реакции является не трансурановый элемент, а лантан; в 1939 г. (май) Фредерик Жолио-Кюри вычислил количество излучаемых вторичных нейтронов при распаде ядер урана и увидел возможность цепной ядерной реакции с выделением огромной энергии путём взрыва; начал работы по сооружению ядерного реактора на тяжёлой воде. Ирен и Фредерик Жолио-Кюри – выдающиеся общественные деятели и руководители научных разработок в области ядерной физики и энергетики во Франции.

Жолли Филипп Иоганн фон (1809–1884 (75)) – немецкий физик-экспериментатор; в 1874 г. усовершенствовал воздушный термометр и определил коэффициент расширения воздуха; создал чувствительные пружинные весы, пневматическую машину, определил массу и плотность Земли.

Зоммерфельд Арнольд Иоганн Вильгельм (1868–1951 (83)) – немецкий физик-теоретик; в 1894 (26) г. дал строгое решение задачи оптической дифракции для случая экрана в виде прямолинейно ограниченной бесконечной полуплоскости; в 1909 (41) г. решил задачу об излучении вертикального диполя; в 1915–1916 (47–48) гг. разработал квантовую теорию эллиптических орбит, осуществив синтез квантовой теории и теории относительности; ввёл радиальное и азимутальное квантовые числа; разработал теорию тонкой структуры водородного спектра; в 1916 г. совместно с П. Дебаем построил квантовую теорию эффекта Зеемана и ввёл магнитное квантовое число; в 1920 г. ввёл внутреннее квантовое число и дал правила отбора для дублетных и триплетных спектров; в 1928 г. развил теорию металлического состояния, введя предположение о свободных электронах как разряженном газе (квантовая электронная теория металлов); в 1931 г. развил теорию тормозного излучения электронов; создал мюнхенскую школу теоретической физики (подготовил более 15 крупнейших физиков, из которых четверо стали лауреатами Нобелевской премии).

Зюсс Эдуард (1831–1914 (83)) – австрийский геолог и практик; круг приложений знаний Э. Зюсса чрезвычайно широк: это и борьба с наводнениями, и устройство горно-шахтных сооружений, и борьба с истощением минераль-

ных источников, но самая главная заслуга – сооружение водопровода в Вене; с 1893 г. – вице-президент Австрийской академии наук, с 1898 по 1911 гг. – президент; в 1897 г. избран членом-корреспондентом Императорской Санкт-Петербургской академии наук, с 1901 г. – почётный член.

Йордан Паскуаль (1902–1980 (78)) – немецкий физик; в 1926 (24) г. совместно с В. Гейзенбергом и М. Борном развил формализм матричной механики; независимо от П. Дирака разработал теорию преобразований и в 1927–1928 (25–26) гг. – метод вторичного квантования.

Иоффе Абрам Фёдорович (1880–1960 (80)) – физик, академик АН СССР, создатель в 1918 (38) г. Физико-технического института в Петрограде; ученик К. В. Рёнтгена в университете Мюнхена (1903–1906); в 1905 (25) г. решил вопрос упругого последствия в кристаллах; в 1913 (33) г. выполнил цикл работ по измерению заряда электрона при внешнем фотоэффекте и доказал статистический характер фотоэффекта; в 1916 (36) г. экспериментально доказал существование ионной проводимости в кристаллах; исследовал пластическую деформацию кристаллов рентгенографическим методом; в 1922 г. объяснил реальную прочность кристаллов, определил, что незначительные примеси сильно влияют на электропроводность диэлектриков, и разработал методы очистки кристаллов; сформулировал новую идею о природе полупроводниковых свойств большой группы интерметаллических сплавов, что привело к созданию полупроводниковых материалов, свойства которых можно целенаправленно изменять в широких пределах; в конце 1930-х гг. сформулировал представление о механизме выпрямления, что в значительной мере способствовало успехам промышленного изготовления диодов; создал большую школу физиков, представители которой работали и руководили исследовательскими проектами по всей стране.

Камерлинг-Оннес Гейке (1853–1926 (73); Ноб. пр. 1913 (60) «за исследование свойств вещества при низких температурах, которые привели к производству жидкого гелия») – нидерландский физик; в 1892–1994 (39–41) гг. сконструировал высокопроизводительную ожижительную установку каскадного типа для кислорода, азота и воздуха; в 1906 г. получил жидкий водород; разработал метод получения жидкого гелия и в 1908 г. впервые получил жидкий гелий и измерил его температуру; в 1911 г. открыл явление сверхпроводимости у ртути, затем у олова, свинца, таллия и др.; первый предложил использовать сверхпроводящую обмотку для создания очень сильного магнитного поля.

Капица Пётр Леонидович (1894–1984 (90); Ноб. пр. 1978 (84) «за фундаментальные изобретения и открытия в области физики низких температур») – советский физик; в 1920 г. вместе с Н. Н. Семёновым предложил метод определения магнитного момента атома, реализованный в 1922 г. в исследованиях О. Штерна и В. Герлаха; в 1923 г. первый поместил камеру Вильсона в сильное магнитное поле и наблюдал искривление треков α -частиц.

Квинке Георг Герман (1834–1924 (90)) – немецкий физик; разработал метод определения диа- и парамагнитной восприимчивости жидкостей и газов; в 1866 (32) г. изобрёл прибор для измерения длины звуковых волн с использованием интерференции (трубка Квинке).

Килби Джек (1923–2005 (82), Ноб. пр. 2000 (77) «за исследования в области интегральных схем») – американский физик; в 1958 г. в «Тексас инструменте» начинает работать над уменьшением электронных компонентов и предлагает решение – интегральную микросхему; является изобретателем карманного калькулятора.

Кирхгоф Густав Роберт (1824–1887 (63)) – немецкий физик; в 1845–1847 (21–23) гг. открыл закономерности протекания электрического тока в разветвлённых электрических цепях (правила Кирхгофа); в 1857 (33) г. построил общую теорию движения тока в проводниках; в 1859 (35) г. совместно с Р. Бунзеном разработал метод спектрального анализа и открыл в 1861 г. новые элементы – цезий и рубидий; установил, что отношение испускательной способности тела к поглощательной при тепловом излучении не зависит от природы излучающего тела (закон Кирхгофа); в 1860 г. открыл обращение спектров, объяснил происхождение фраунгоферовых линий, высказал предположение, что Солнце состоит из раскалённой жидкой массы; в 1862 г. предложил концепцию чёрного тела и дал его модель.

Клаузиус Рудольф (1822–1888 (66)) – немецкий физик-теоретик; в 1850 (28) г. получил общее соотношение между теплотой и механической работой (первое начало термодинамики), разработал идеальный термодинамический цикл паровой машины (цикл Ранкина–Клаузиуса) и сформулировал второе начало термодинамики; в 1851 г. первый исследовал свойства водяного пара, обосновал уравнение Клапейрона; в 1853 г. теоретически обосновал закон Джоуля–Ленца и развил термодинамическую теорию термоэлектричества; в 1856 г. указал путь повышения КПД тепловой машины; в 1857 г. дал систематическое изложение основ кинетической теории газов, введя статистические представления и понятие длины свободного пробега и вычислив давление газа на стенки сосуда; в 1865 г. ввёл новое понятие – «энтропия»; в 1879 г. разработал теорию поляризации диэлектриков, исходя из которой вывел (независимо от О. Массотти) соотношение между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью диэлектрика (формула Клаузиуса–Массотти).

Клейн Феликс (1849–1925 (76)) – немецкий математик; выполнил исследования по неевклидовой геометрии, теории непрерывных групп, алгебраических уравнений, эллиптических и автоморфных функций, по проблемам современной геометрии, 40 лет был редактором журнала «*Mathematische Annalen*».

Книппинг Пауль (1883–1935 (52)) – немецкий физик; участник открытия в 1912 г. под руководством М. Лауэ дифракции рентгеновских лучей на кристаллах; труды по рентгеновской спектроскопии.

Коварски Лев (1907–1979 (72)) – французский физик; в 1939 (32) г. одним из первых обнаружил излучение нейтронов в ядерной реакции деления; в 1940 г. вместе с Х. Хальбаном доказал возможность протекания цепной реакции в системе с ураном и тяжёлой водой, выдвинул идею использования подвижного стержня из кадмия для регулирования цепной ядерной реакции; в 1947–1952 гг. принимал активное участие в строительстве первого канадского и двух первых французских реакторов.

Кокрофт Джон Дуглас (1897–1967 (70), *Ноб. пр.* 1951 (54) «за их пионерские работы по трансмутации атомных ядер под воздействием искусственно ускоренных частиц» (совместно с Э. Уолтоном)) – английский физик; в 1928 г. занялся проблемой ускорения протонов; в 1932 г. вместе с Э. Уолтоном сконструировал высоковольтную установку (каскадный генератор), на которой осуществил первую ядерную реакцию с искусственно ускоренными протонами – трансмутацию лития; экспериментально доказал возможность ядерных реакций синтеза лёгких элементов под действием ускоренных протонов и дейтронов; один из изобретателей английского радара; многое сделал для развития ядерной энергетики и развёртывания термоядерных исследований в Англии.

Кольрауш Фридрих Вильгельм Георг (1840–1910 (70)) – немецкий физик-экспериментатор; разработал метод измерения электрического тока в абсолютных единицах и метод измерения электрического сопротивления электролитов (мостик Кольрауша); в 1874 г. установил возрастание электропроводности электролитов с температурой; в 1879 г. обнаружил независимость движения ионов в электролитах при бесконечном разведении (закон Кольрауша).

Корнберг Артур (1918–2007 (89); *Ноб. пр., физиология или медицина* 1959 (41) «за открытие механизмов биологического синтеза рибонуклеиновой и дезоксирибонуклеиновой кислот» (совместно с Северо Очоа)) – американский физиолог.

Корнберг Роджер (сын А. Корнберга) (р. 1947; *Ноб. пр., хим.* 2006 (59) «за исследование механизма копирования клетками генетической информации») – американский химик.

Костер Дирк (1889–1950 (61)) – нидерландский физик; исследования в области рентгеновской спектроскопии, атомной и ядерной физики, нейтронной физики; вместе с Д. Хевеши открыл гафний.

Крамерс Хендрик Антони (1894–1952 (58)) – нидерландский физик; в 1920 (26) г. вывел на основе принципа соответствия Н. Бора теорию эффекта Штарка; в 1924 (30) г. предсказал явление отрицательной дисперсии; в 1925 (31) г. получил полную формулу дисперсии (формула Крамерса–Гейзенберга); в 1926 (32) г. независимо от Л. Бриллюэна и Г. Вентцеля предложил метод нахождения приближённых собственных функций одномерного уравнения Шрёдингера (метод Бриллюэна–Вентцеля–Крамерса, или БВК); в 1927 (33) г. независимо от Р. Кронинга сформулировал дисперсионные соотношения в классической электродинамике (соотношения Крамерса–Кронинга); в 1929 (35) г. – сформулировал теорему в проблеме магнетизма (теорема Крамерса); в 1937 (43) г. развил теорию дырок Дирака; в 1938 (44) г. первый указал на необходимость корректного вычитания бесконечных величин в квантовой электродинамике.

Крёмер Герберт (р. 1928, *Ноб. пр.* 2000 (72) «за разработку полупроводниковых гетероструктур, используемых в высокочастотной и оптоэлектронике») – немецкий физик; в 1950-х гг. опубликовал работы об основах биполярного транзистора на основе гетероструктур, который мог работать в гигагерцевом диапазоне частот; в 1963 г. разработал принципы лазеров на двойных гетероструктурах – основе по-

лупроводниковых лазеров; в 1970-е гг. участвовал в разработке молекулярной эпитаксии, изучал новые комбинации материалов, такие как GaP и GaAs на кремниевой подложке; после 1985 г. занимался комбинациями InAs, GaSb и AlSb.

Кристоффель Элвин Бруно (1929–1900 (71)) – немецкий математик; известен работами в области теории функций, теории дифференциальных уравнений с частными производными, теории инвариантов алгебраических форм и теории дифференциальных квадратичных форм, где Кристоффелем в 1869 г. введён символ, носящий его имя.

Кундт Август Адольф (1839–1894 (55)) – немецкий физик; в 1866 (27) г. разработал метод измерения скорости звука в твёрдых телах и газах при помощи так называемых кундтовых фигур; в 1871 (32) г. выполнил исследования аномальной дисперсии света, дал экспериментальное подтверждение ряду основных положений кинетической теории газов; в 1888 г. разработал метод определения показателя преломления света в металлах.

Купер Леон (р. 1930; Ноб. пр. 1972 (42)) «за создание теории сверхпроводимости, обычно называемой БКШ-теорией (совместно с Дж. Бардиным и Дж. Шриффером)) – американский физик; в 1956 (26) г. открыл явление спаривания электронов (образование электронных пар) в металлах (эффект Купера); в 1957 (27) г. вместе с Дж. Бардиным и Дж. Шриффером создал микроскопическую теорию сверхпроводимости (теория БКШ).

Кюри Пьер (1859–1906 (47); Ноб. пр. 1903 (44)) и **Мария Склодовская-Кюри** (1867–1934 (67); Ноб. пр. 1903 (36)) («в знак признания их совместных исследований явлений радиации, открытых профессором Анри Беккерелем») – французские физики; в 1898 г. открыли новые радиоактивные элементы – радий и полоний; в 1899 г. открыли наведённую радиоактивность и установили сложный характер такого излучения; М. Кюри в 1911 (44) г. получила Ноб. пр., хим. «за выдающиеся заслуги в развитии химии: открытие элементов радия и полония, выделение радия и изучение природы и соединений этого замечательного элемента».

Кюри Ева Дениза (дочь Пьера и Марии Кюри) (1904–2007 (103)) – в 1937 г. написала биографический очерк о жизни своей знаменитой матери, за что получила Американскую национальную литературную премию; на основе этой книги в том же году был снят фильм с Грир Гарсон в главной роли; кроме того Ева Кюри писала о музыке, театре и кино; в 1943 г. издала хроники своих поездок по фронтам Второй мировой войны; после войны стала соиздателем ежедневной вечерней газеты (1945–1949); в 1952–1954 гг. – специальный советник Генерального секретаря НАТО; в 1954 г. вышла замуж за американского посла в Греции Генри Ричардсона Лабуасса-мл.; в 1962–1965 гг. возглавляла ЮНИСЕФ в Греции; с 1958 г. получила гражданство США и жила в Нью-Йорке.

Лабуасс Генри Ричардсон (1904–1987 (83)) – американский посол в Греции; в течение 15 лет был руководителем Детского фонда ООН (ЮНИСЕФ); в 1965 г. принял Ноб. пр. мира, которую присудили ЮНИСЕФ «за активную роль в укреплении братства между народами и мира».

Ладенбург Рудольф (1882–1952 (70)) – немецкий физик; в 1921 г. первый построил квантовую теорию дисперсии; в 1928 г. экспериментально открыл отрицательную дисперсию.

Ландау Лев Давидович (1908–1968 (60); Ноб. пр. 1962 (54) «за разработку теории конденсированного вещества, в особенности жидкого гелия») – советский физик; в 1930 (22) г. разработал теорию диамагнетизма свободных электронов (диамагнетизм Ландау); в 1933 (25) г. ввёл понятие антиферромагнетизма; в 1935–1937 (27–29) гг. создал теорию фазовых переходов второго рода; в 1937 (29) г. получил соотношение между плотностью уровней в ядре и энергией возбуждения, создатель (наряду с Х. Бете и В. Вайскопфом) статистической теории ядра; в 1940–1941 (32–33) гг. создал теорию сверхтекучести гелия II; в 1950 (42) г. (вместе с В. Л. Гинзбургом) создал феноменологическую теорию сверхпроводимости; в 1956 (48) г. разработал теорию квантовых жидкостей (ферми-жидкостей).

Ланжевен Поль (1872–1946 (74)) – французский физик; в 1905 (33) г. разработал термодинамическую и статистическую теорию диа- и парамагнетизма; в 1906 (34) г. независимо от А. Эйнштейна установил взаимосвязь между массой и энергией; в 1913 г. первый пришёл к понятию дефекта массы; в 1916 г. разработал методы получения ультракоротких волн пьезокварца, которые впервые применил в подводном эхолоте для обнаружения подводных лодок.

Лауэ Макс Феликс Теодор фон (1879–1960 (81); Ноб. пр. 1914 (35) «за открытие дифракции рентгеновских лучей на кристаллах»; работы по оптике, кристаллографии, сверхпроводимости, теории относительности, квантовой теории, атомной физике; в 1912 (33) г. разработал теорию интерференции рентгеновских лучей на кристаллах, предложив использовать их как дифракционные решётки; занимался историей физики.

Лейбниц Готфрид Вильгельм (1646–1716 (70)) – немецкий учёный и философ; физические исследования относятся к механике, теории упругости и теории колебаний; развивал учение об относительности пространства, времени и движения, возражая против абсолютного пространства и абсолютного времени Ньютона; в 1684 г. (независимо от И. Ньютона) разработал дифференциальное, а в 1686 г. интегральное исчисление; в 1686 г. установил закон сохранения «живых сил», явившийся первой формулировкой закона сохранения энергии (высказал также идею о превращении энергии); сформулировал принцип наименьшего действия; в 1690 г. указал на связь между колебаниями в показаниях барометра и погодой; в 1702 г. высказал идею барометра-анероида.

Ленард Филипп Эдвард Антон (1862–1947 (85); Ноб. пр. 1905 (43) «за работы по катодным лучам») – немецкий физик; в 1892 (30) г. сконструировал катодную трубку с тонким окошком (окошко Ленарда); выяснил многие свойства катодных лучей; в 1899 (37) г. доказал, что при внешнем фотоэффекте освобождаются электроны, а их энергия прямо пропорциональна частоте падающего света.

Липпман Габриэль (1845–1921 (76); Ноб. пр. 1908 (63) «за создание метода фотографического воспроизведения цветов на основе явления интерференции») – французский физик; в 1873 (28) г. создал ртутный гальванометр и капиллярный

электрометр; предсказал обратный пьезоэлектрический эффект; предложил метод исследования двойного электрического слоя (уравнение Липпмана); в 1891 (46) г. разработал метод цветной фотографии, основанный на интерференции света, и получил первую цветную фотографию солнечного спектра; в 1908 г. предложил способ интегральной фотографии, позволяющий получить на плоском снимке объёмные изображения, которые можно рассматривать визуально.

Лондон Фриц (1900–1954 (54)) – физик-теоретик; в 1927 (27) г. совместно с В. Гайтлером выполнил первый приближённый расчёт молекулы водорода (начало квантовой химии); в 1929 г. разработал теорию ван-дер-ваальсовых сил притяжения между молекулами; в 1935 г. ввёл представление, что энергетическая щель определяет сверхпроводящие свойства металлов; в 1950 г. предсказал квантование магнитного потока.

Лорентц Хендрик Антон (1853–1928 (75); Ноб. пр. 1902 (49)) «в знак признания выдающегося вклада, который они внесли своими исследованиями влияния магнетизма на излучения» (совместно с П. Зееманом) – нидерландский физик; в 1880–1909 гг. создал электронную теорию как теорию электрических, магнитных и оптических свойств вещества, исходя из электромагнитной теории Максвелла–Герца и вводя представления об атомистике (уравнения Лорентца–Максвелла); получил формулу для силы, действующей на движущийся электрический заряд в электромагнитном поле (сила Лорентца); предсказал явление расщепления спектральных линий в сильном магнитном поле и в 1897 г. разработал его теорию.

Лоуренс Эрнест (1901–1958 (57); Ноб. пр. 1939 (38)) «за изобретение и создание циклотрона, за достигнутые с его помощью результаты, особенно получение искусственных радиоактивных элементов» – американский физик; в 1929 (28) г. выдвинул идею магнитного резонансного ускорителя – циклотрона; в 1931 (30) г. построил первый циклотрон; в 1933 г. получил дейтроны и исследовал реакции с ними; поставил первый опыт по терапии глубинных злокачественных опухолей потоками быстрых нейтронов; в конце 1930-х – начале 1940-х гг. работал над выделением урана-235.

Лошмидт Иоганн Йозеф (1821–1895 (74)) – австрийский физик и химик; в 1865 г. первый вычислил диаметр молекулы и определил количество молекул газа, содержащихся в 1 см³ при нормальных условиях (число Лошмидта).

Майер Юлиус Роберт (1814–1878 (64)) – немецкий врач; в 1840 г. допустил, что теплота и механическая работа способны взаимопревращаться; в 1842 г. опубликовал работу «Замечания относительно сил неживой природы», где впервые сформулировал закон сохранения энергии, теоретически вычислил механический эквивалент теплоты; первый высказал мысль, что излучение Солнца приводит к уменьшению его массы.

Майкельсон Альберт Абрахам (1852–1931 (79); Ноб. пр. 1907 (55)) «за создание высокоточных оптических приборов и выполненные с их помощью спектроскопические и метрологические исследования» – американский физик; в 1878–1882 (26–30) гг. осуществил точное экспериментальное измерение скоро-

сти света с помощью изобретённого интерферометра; в 1892–1893 (**40–41**) гг. выполнил экспериментальное сравнение длины эталонного метра с длиной световой волны; в 1907 г. создал высокоразрешающий спектральный прибор (эшелен Майкельсона), совершенные дифракционные решётки, дальномер; в 1920 г. совместно с Ф. Пизом впервые измерил диаметр звезды-гиганта Бетельгейзе.

Максвелл Джеймс Кларк (1831–1879 (48)) – английский физик; в 1859 (**28**) г. установил статистический закон, описывающий распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла); развил теорию переноса вещества в общем виде, применив её к процессам диффузии, теплопроводности, внутреннего трения, ввёл понятие времени релаксации; в 1860–1865 (**29–34**) гг. создал теорию электромагнитного поля, сформулированную в виде системы нескольких уравнений (уравнения Максвелла); в 1865 г. предсказал новый важный эффект: существование электромагнитного излучения в свободном пространстве и его распространение со скоростью света; в 1867 г. первый показал статистическую природу второго начала термодинамики («демон Максвелла»); в 1878 г. ввел термин «статистическая механика».

Маркони Гульельмо (1874–1937 (63); Ноб. пр. 1909 (35) «в знак признания их вклада в создание беспроводной телеграфии» (совместно с К. Ф. Брауном)) – итальянский физик; в 1896 (**22**) г. переехал в Англию и подал заявку, а в 1897 г. получил патент на применение электромагнитных волн для беспроводной связи (изобретатель радио А. С. Попов не патентовал своё открытие); в 1901 г. осуществил радиосвязь через Атлантический океан.

Мейснер Вальтер Фриц (1882–1974 (92)) – немецкий физик; в 1932 (**50**) г. экспериментально установил, что контактное сопротивление между двумя металлами исчезает, когда они становятся сверхпроводниками (первое наблюдение джозефсоновского туннелирования); в 1933 г. вместе с Р. Оппенгеймером обнаружил явление выталкивания сверхпроводником магнитного поля (эффект Мейснера).

Мейтнер Лизе (1878–1968 (90)) – австрийский физик и радиохимик; в 1909 (**31**) г. вместе с О. Ганом разработала метод радиоактивной отдачи; в 1918 г. открыла протактиний и ряд других изотопов; в 1921 г. предложила модель строения атомных ядер из α -частиц, протонов и электронов; в 1922–1924 гг. развила представления о дискретных энергетических состояниях ядер; в 1932 г. одной из первых осуществила ядерные превращения под действием нейтронов; в 1939 г. совместно с О. Фришем дала правильную интерпретацию опытам Гана и Штрассмана.

Менделеев Дмитрий Иванович (1834–1907 (73)) – русский учёный; в 1860 (**26**) г. предсказал существование критической температуры; в 1869 (**35**) г. открыл периодический закон химических элементов и на его основе создал Периодическую таблицу химических элементов; в 1874 г. нашёл общее уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева–Клапейрона); в 1887 г. осуществил (без пилота) полёт на воздушном шаре для наблюдения солнечного затмения и изучения верхних слоёв атмосферы.

Минковский Герман (1864–1909 (45)) – немецкий математик и физик; в 1908 (44) г. выдвинул идею об объединении трёх измерений пространства и времени в одно четырёхмерное пространство; постулировал, что все физические законы должны быть инвариантными относительно группы преобразований Лорентца.

Мозли Генри (1887–1915 (28)) – английский физик; в 1913–1914 (26–27) гг. открыл закон, связывающий частоту спектральных линий рентгеновского излучения с порядковым номером излучающего элемента (закон Мозли).

Мюллер Эрвин Вильгельм (1911–1977 (66)) – немецкий физик; в 1936 (25) г. изобрёл автоэлектронный микроскоп; в 1950 (39) г. получил первое детальное изображение молекулы с помощью автоэлектронного микроскопа; в 1951 г. изобрёл автоионный микроскоп, получил изображение с атомарным разрешением; в 1956 г. открыл явление испарения под действием поля; в 1958 г. добился прямого наблюдения на атомном уровне кристаллической решётки и её дефектов; в 1967 г. создал ионный проектор с атомным зондом, способный идентифицировать отдельный атом.

Нернст Вальтер Фридрих Герман (1864–1941 (77); Ноб. пр., хим. 1920 (56) «в знак признания важности его работ по термодинамике») – немецкий физик; в 1890 (26) г. сформулировал закон распределения (закон Нернста); в 1896 (32) г. обнаружил явление возникновения электрического поля в теле при наличии градиента температуры, перпендикулярного внешнему магнитному полю (эффект Нернста–Эттингсхаузена); в 1906 г. высказал утверждение, что энтропия химически однородного твёрдого или жидкого тела при абсолютном нуле температуры равна нулю (теорема Нернста, или 3-е начало термодинамики); в 1911 г. распространил понятие квантования на вращательное движение частиц, предложил формулу для теплоёмкости твёрдого тела (формула Нернста–Линдемана).

Нобель Альфред (1833–1896 (63)) – шведский химик, инженер, изобретатель динамита; завещал своё огромное состояние на учреждение премии за научные достижения; в его честь назван синтезированный химический элемент nobelium.

Ньютон Исаак (1643–1727 (84)) – английский физик; в 1687 (44) г. издал труд «Математические начала натуральной философии» («Начала»), обобщив результаты исследований своих предшественников в области механики и свои собственные (законы движения – законы Ньютона); создал физическую картину мира.

Оппенгеймер Роберт (1904–1967 (63)) – американский физик; в 1927 (23) г. совместно с М. Борном разработал теорию строения двухатомных молекул; разработал теорию взаимодействия свободных электронов с атомами; в 1928 (24) г. объяснил явление автоионизации водорода с помощью туннельного эффекта; в 1931 (27) г. совместно с П. Эренфестом показал, что ядра, состоящие из нечётного числа частиц со спином $1/2$, должны подчиняться статистике Ферми–Дирака, а из чётного – статистике Бозе–Эйнштейна (теорема Эренфеста–Оппенгеймера); в 1933 (29) г. исследовал внутреннюю конверсию гамма-лучей, установил механизм образования пар; в 1935 (31) г. совместно с М. Филипсом разработал теорию ядерных реакций (реакции Оппенгеймера–Филипса); в 1937 г. совместно с

Дж. Карлсоном разработал каскадную теорию космических ливней; в 1938 г. совместно с Г. Волковым сделал первый расчёт нейтронной звезды; в 1939 г. предсказал существование «чёрных дыр»; в Беркли с Э. Лоуренсом разработал способы разделения изотопов урана; в 1943–1945 гг. возглавлял научную лабораторию в Лос-Аламосе; в 1947 г. независимо от других объяснил «лэмбовский сдвиг»; в 1947–1966 гг. – директор Института перспективных исследований в Принстоне.

Оствальд Вильгельм Фридрих (1853–1932 (79); *Ноб. пр., хим. 1909 (56)* «*в знак признания проделанной им работы по катализу, а также за исследования основных принципов управления химическим равновесием и скоростями реакции*») – немецкий физикохимик; в 1888 (35) г. установил закон разбавления (закон Оствальда); в 1887 (34) г. основал «*Журнал физической химии*»; в 1889 г. – серию «*Классики науки*».

Пайерлс Рудольф Эрнст (1907–1995 (88)) – английский физик-теоретик; в 1929 (22) г. независимо от Я. И. Френкеля выдвинул идею дырочной проводимости; в 1931 (24) г. развил квантовую теорию теплопроводности в неметаллических кристаллах и общую теорию диамагнетизма в металлах; совместно с Ф. Блохом рассмотрел поведение электронов в кристаллической решётке; совместно с Ф. Лондоном ввёл понятие промежуточного состояния сверхпроводников; в 1933 (26) г. создал количественную теорию эффекта де Гааза–ван Альфена, модель Пайерлса–Набарро скольжения дислокаций (рельеф Пайерлса); в 1934 (27) г. с Х. Бете рассмотрел возможность экспериментального обнаружения нейтрино в обратном β -распаде; в 1934–1935 (27–28) гг. построил теорию системы «нейтрон-протон»; совместно с О. Фришем оценил критическую массу урана-235; разработал методы расчёта цепной ядерной реакции деления и разделения изотопов урана; в 1948 г. построил квантовую электродинамику со взаимодействием определённого типа. В 1940–1945 гг. работал в Бирмингеме, Нью-Йорке, Лос-Аламосе в рамках Манхэттенского проекта; в 1963–1974 гг. – профессор Оксфордского университета.

Пастер Луи (1822–1895 (73)) – французский учёный, основоположник микробиологии; занимался химией и кристаллографией, создал основы стереохимии; вёл исследования возбудителей заразных болезней, установил принцип предохранительных прививок против ряда заболеваний; открыл метод профилактики лактической вакцинации, когда вырабатывается иммунитет.

Паули Вольфганг (1900–1958 (58); *Ноб. пр. 1945 (45)* «*за открытие принципа запрета, который называют также принципом Паули*») – физик-теоретик; в 1924 (24) г. выдвинул гипотезу ядерного спина, предложив существование спинового и магнитного моментов ядер; 1924–1925 (24–25) гг. сформулировал принцип запрета в квантовой механике, названный принципом Паули; в 1927 (27) г. объяснил структуру электронных оболочек; в 1931 г. высказал гипотезу о существовании нейтрино; в 1933 г. сформулировал основные свойства нейтрино.

Перрен Жан Батист (1870–1942 (72); *Ноб. пр. 1926 (56)* «*за работу по дискретной природе материи и в особенности за открытие седиментационного*

равновесия») – французский физик и физикохимик; в 1895 (25) г. доказал, что катодные лучи являются потоком отрицательно заряженных частиц; в 1908 (38) г. экспериментально доказал молекулярно-статистическую теорию Эйнштейна–Смолуховского броуновского движения; в 1909 г. вычислил число Авогадро; в 1918–1919 гг. показал, что наименьшая толщина мыльной пленки равна двум молекулярным слоям.

Планк Макс Карл Эрнст Людвиг (1858–1947 (89); *Ноб. пр.* 1918 (60) «в знак признания его заслуг в деле развития физики благодаря открытию квантов энергии») – немецкий физик-теоретик; в 1887 (29) г. дал общий вывод законов химического равновесия в газах и разбавленных растворах; в 1900 (42) г. открыл квант действия; в 1906 г. вывел уравнения релятивистской динамики, ввёл термин «теория относительности».

Поллинг Лайнус Карл (1901–1994 (93); *Ноб. пр., хим.* 1954 (53) «за исследование природы химической связи и её применение для офундасередиления структуры соединений»; *Ноб. пр. мира* 1962 (61) «за договор о запрещении ядерного оружия между США, СССР и Великобританией, в основе которого лежит проект Л. Поллинга») – американский химик и физик; в 1928–1931 (27–30) гг. предложил теорию резонанса; квантово-механическая теория диамагнетизма; ввёл понятие электроотрицательности; открыл атомную структуру многих белков, в частности, гемоглобина.

Прохоров Александр Михайлович (1916–2002 (86), *Ноб. пр.* 1964 (48) «за фундаментальные работы в области квантовой электроники, которые привели к созданию осцилляторов и усилителей, основанных на принципе лазера-мазера» (совместно с Ч. Х. Таунсом и Н. Г. Басовым)) – советский физик; в 1951 (35) г. доказал когерентность излучения сантиметровых волн синхротрона; в 1953 (37) г. вместе с Н. Г. Басовым сформулировал основные положения теории молекулярного генератора и усилителя; в 1955 (39) г. совместно с Н. Г. Басовым предложил новый метод создания сред с отрицательным поглощением; в 1958 г. предложил новый тип резонатора для субмиллиметровых волн.

Пуанкаре Анри (1854–1912 (58)) – французский математик, физик, астроном; в 1904–1905 гг. высказал принцип относительности в качестве всеобщего и строгого положения, показав, что невозможно обнаружить абсолютное движение, исходя из представлений об эфире и уравнений Максвелла–Лорентца; ввёл термины «преобразование Лорентца», «группа Лорентца»; независимо от А. Эйнштейна заложил основы специальной теории относительности; построил первый вариант релятивистской теории гравитации.

Рамзай (Рэмзи) Уильям (1852–1916 (64); *Ноб. пр., хим.* 1904 (52) «в знак признания открытия им в атмосфере различных инертных газов и определения их места в Периодической системе») – английский химик и физик; в 1894 (42) г. открыл (совместно с Дж. Рэлеем) аргон, в 1895 г. – гелий, в 1898 г. – криптон, ксенон, неон; в 1903 (51) г. определил плотность эманации радия (радона), доказал (вместе с Ф. Содди) наличие гелия в продуктах излучения радона (образование гелия из радона – первое экспериментальное доказательство превращения одного элемента в другой); в 1905 г. (вместе с О. Ганом) открыл радиоторий; в 1910 г. изобрёл микровесы.

Рассел Бертран (1872–1970 (98); *Ноб. пр., лит.* 1950 (78) «как один из самых блестящих представителей рационализма и гуманизма, бесстрашный борец за свободу слова и свободу мысли на Западе») – английский философ.

Резерфорд Эрнест (1871–1937 (66); *Ноб. пр., хим.* 1908 (37) «за проведённые им исследования в области распада элементов в химии радиоактивных веществ») – английский физик; в 1899 (28) г. открыл α - и β -лучи; в 1900 (29) г. ввёл понятие периода полураспада; в 1902–1903 (31–32) гг. разработал (вместе с Ф. Содди) теорию радиоактивного распада и установил закон радиоактивных превращений; в 1903 г. доказал, что α -лучи состоят из положительно заряженных частиц; в 1911 (40) г. открыл в атоме положительно заряженное ядро; в 1914 г. выдвинул идею об искусственном превращении атомных ядер; в 1919 г. осуществил первую искусственную ядерную реакцию, превратив азот в кислород; в 1920 г. предсказал существование нейтрона и дейтрона; в 1933 г. (совместно с М. Олифантом) экспериментально доказал справедливость закона взаимосвязи массы и энергии в ядерных реакциях; в 1934 г. осуществил реакцию синтеза дейтронов с образованием трития.

Рёнтген Конрад Вильгельм (1845–1923 (78); *Ноб. пр.* 1901 (56) «в знак признания необычайно важных заслуг перед наукой, выразившихся в открытии замечательных лучей, названных впоследствии в его честь») – немецкий физик; в 1885 (40) г. открыл магнитное поле диэлектрика, движущегося в электрическом поле; в 1895 (50) г. открыл x -лучи (рентгеновские).

Рубенс Генрих (1865–1922 (57)) – немецкий физик; в 1894 (29) г. экспериментально подтвердил теорию дисперсии Гельмгольца–Кеттелера; в 1897–1898 (32–33) гг. разработал метод инфракрасных «остаточных лучей»; сконструировал ряд приборов – болометр, высокочувствительный зеркальный гальванометр; в 1900 (35) г. совместно с Ф. Карлбаумом (независимо от О. Люммера и Э. Принсгейма) экспериментально показал, что формула закона излучения Вина не подтверждается в области длинных волн (анализ этих данных привёл М. Планка к установлению закона теплового излучения с использованием кванта действия); в 1900–1901 (35–36) гг. совместно с Ф. Карлбаумом экспериментально доказал справедливость предложенной М. Планком формулы для распределения энергии в спектре излучения абсолютно чёрного тела; с 1906 г. – профессор Берлинского университета и директор Физического института.

Рэлей (Стретт) Джон Уильям (1842–1919 (77); *Ноб. пр.* 1904 (62) «за исследование плотностей наиболее распространённых газов и за открытие аргона в ходе этих исследований») – английский физик; в 1871 (29) г. установил закон, что интенсивность рассеянного средой света обратно пропорциональна длине волны λ^4 возбуждающего света; в 1885 (43) г. предсказал особый вид поверхностных волн; в 1894 (52) г. вместе с У. Рамзаем открыл аргон; в 1900 г. вывел закон распределения энергии излучения в спектре абсолютно чёрного тела в зависимости от температуры (закон Рэрея–Джонса); с 1873 г. – лорд Рэлей.

Серге Эмилио (1905–1989 (84); *Ноб. пр.* 1959 (54) «за открытие антипротона» (совместно с О. Чемберленом)) – итальянский физик; с 1934 (29) г. участвовал в от-

крытиях явления замедления нейтронов, новых элементов – технеция в 1937 (32) г., плутония-239 в 1940 (35) г., антипротона в 1955 (50) г.

Сигбан Кай (1918–2007 (89); Ноб. пр. 1981 (63) «за вклад в развитие электронной микроскопии высокого разрешения» (совместно с Николасом Бломбергенем и Артуром Леонардом Шавловым)) – шведский физик; в 1946 (28) г. разработал спектрометр с двойной фокусировкой; в 1950 г. построил прецизионный спектрометр с большим радиусом кривизны; в 1951 г. разработал метод электронной спектроскопии для химического анализа, с помощью которого исследовал энергии связи электронов на внутренних оболочках атомов практически всех химических элементов; сын Манне Сигбана.

Сигбан Манне (1886–1978 (92); Ноб. пр. 1924 (38) «за открытия и исследования в области рентгеновской спектроскопии») – шведский физик; первый обнаружил и измерил дисперсию рентгеновских лучей; в 1916 (30) г. открыл серию *M* в спектре рентгеновских лучей; создал дифракционную решётку для исследования мягкого рентгеновского излучения; сконструировал рентгеновский вакуум-спектрограф; уточнил уравнение Вульфа–Брэгга.

Содди Фредерик (1877–1956 (79), Ноб. пр., хим. 1921 (44) «за вклад в химию радиоактивных веществ и за проведённое им исследование природы и происхождения изотопов») – английский физик и химик; в 1902–1903 (25–26) гг. совместно с Э. Резерфордом разработал теорию радиоактивного распада и сформулировал закон радиоактивных превращений; в 1903 (26) г. (вместе с У. Рамзаем) доказал наличие гелия (из радона) в продуктах излучения радия; в 1911 г. сформулировал альфа-правило; в 1913 г. (независимо от К. Фаянса) установил правило смещения при радиоактивном распаде (закон Содди–Фаянса); в 1913 г. ввёл понятие изотопов и доказал существование стабильных изотопов у свинца; в 1917 г. предсказал изомеры.

Сцилард Лео (1898–1964 (66)) – венгерский и американский физик; в 1928 (30) г. выдвинул идею линейного резонансного ускорителя, 1929 г. – циклотрона, а в 1934 г. – принципа автофазировки; в 1934 г. (вместе с Т. Чалмерсом) открыл разрушение химической связи под действием нейтронов (эффект Сциларда–Чалмерса); в 1939 (41) г. одним из первых доказал, что в процессе деления ядер урана излучаются вторичные нейтроны, обосновал возможность развития в уране самоподдерживающейся ядерной (цепной) реакции деления; совместно с В. Зином получил значение среднего числа вторичных нейтронов на один акт деления; выдвинул идею использования графита в качестве замедлителя нейтронов; позже провёл расчеты критической массы урана и управления цепным ядерным процессом, предложил использовать гетерогенные системы, указал на возможность деления на быстрых нейтронах.

Тамм Игорь Евгеньевич (1895–1971 (76); Ноб. пр. 1958 (63) «за открытие и интерпретацию эффекта Черенкова» (совместно с И. М. Франком и П. А. Черенковым)) – советский физик; в 1930 (35) г. построил полную квантовую теорию рассеяния света в кристаллах, ввёл понятие квантов звуковых (упругих) волн в твёрдом теле – фононов; в 1932 (37) г. показал возможность су-

существования особых состояний электронов на поверхности кристаллов (уровни Тамма); в 1934 г. совместно с Д. Д. Иваненко построил одну из первых полевых теорий ядерных сил, в которой впервые показал возможность переноса взаимодействий частицами конечной массы (в 1935 г. Х. Юкава предсказал мезоны как носители этих сил); в 1937 (42) г. вместе с И. М. Франком развил теорию излучения электрона, движущегося в среде со скоростью, превышающей фазовую скорость света в среде (теория эффекта Вавилова–Черенкова); в 1950 г. высказал идею термоизоляции горячей плазмы сильным магнитным полем и идею термоядерного реактора.

Таунс Чарльз Хард (р. 1915; Ноб. пр. 1964 (49) «за фундаментальные работы в области квантовой электроники, которые привели к созданию осцилляторов и усилителей, основанных на принципе лазера-мазера» (совместно с А. М. Прохоровым и Н. Г. Басовым)) – американский физик; в 1954 (39) г. создал первый квантовый генератор; в 1958 г. совместно с А. Шавловым предложил принцип работы лазера; в 1964 г. предсказал эффект самофокусировки светового пучка; в 1965 г. предложил самофокусирующие волноводы.

Теллер Эдвард (1908–2003 (95)) – американский физик; в 1936 (28) г. совместно с Дж. Гамовым предложил правила отбора в теории β -распада; в 1937 (29) г. вместе с Г. Яном сформулировал теорему для определения условий устойчивости симметричных конфигураций молекул (теорема Яна–Теллера); разработал теорию рассеяния нейтронов на орто- и параводороде; в 1947 г. независимо от других постулировал существование мезоатомов; в 1948 г. совместно с М. Гольдхабером предсказал резонансное рассеяние на ядре (гигантский резонанс); принимал участие в создании атомной бомбы и руководил созданием водородной бомбы.

Тирринг Вальтер Эдуард (р. 1927) – австрийский физик; в 1953 (26) г. исследовал сходимость S -матрицы для процессов рассеяния; в 1954 (27) г. исследовал рассеяние мезонов на нуклонах в предельном случае малой энергии, разработал метод дискретных соотношений в квантовой теории поля.

Томсон Джозеф Джон (1856–1940 (84); Ноб. пр. 1906 (50) «в знак признания его выдающихся заслуг в области теоретических и экспериментальных исследований проводимости электричества в газах») – английский физик; в 1897 (41) г. измерил заряд и массу электрона; выдвинул гипотезу об электронном составе атомов; в 1899 (43) г. обнаружил электроны в фототоке; в 1903 г. предложил одну из первых атомных моделей – сферу с вкрапленными в неё электронами; в 1904 г. разработал представление, что в атоме электроны образуют группы с различными конфигурациями, обуславливающие периодичность химических элементов; в 1912 г. получил первые экспериментальные данные о существовании изотопов.

Томсон Уильям (лорд Кельвин) (1824–1907 (83)) – английский физик; в 1848 (24) г. ввёл понятие абсолютной температуры и абсолютную шкалу температуры (шкала Кельвина); в 1851 (27) г. сформулировал (независимо от Р. Клаузиуса) второе начало термодинамики; в 1853 (29) г. вместе с Дж. Джоулем установил изменение температуры газа при его медленном стационарном адиа-

батическом протекании сквозь пористую перегородку (закон Джоуля–Томсона); в 1856 г. открыл третий термодинамический эффект (эффект Томсона) – если в проводнике, по которому течёт электрический ток, существует перепад температур, то кроме джоулевой теплоты в проводнике выделяется или поглощается (в зависимости от направления тока) некоторое количество теплоты (теплота Томсона); в 1870 (46) г. установил, что упругость насыщенного пара зависит от формы поверхности жидкости.

Фарадей Майкл (1791–1867 (76)) – английский физик; в 1821 (30) г. осуществил вращение магнита вокруг проводника с током, создав лабораторную модель электродвигателя; в 1831 г. открыл явление электромагнитной индукции; в 1833 г. открыл законы электролиза (законы Фарадея); в 1833 г. изобрел вольтметр; в 1843 г. экспериментально доказал закон сохранения электрического заряда; в 1845 г. открыл диамагнетизм, а в 1847 г. – парамагнетизм; в 1845 г. употребил термин «магнитное поле».

Фейнман Ричард (1918–1988 (70)); *Ноб. пр.* 1965 (47) «за фундаментальные работы в квантовой электродинамике с далеко идущими последствиями для физики элементарных частиц» (совместно с Дж. Швингером и С. Томонага)) – американский физик; в 1948 (30) г. построил современную квантовую электродинамику; в 1949 (31) г. разработал способ объяснения возможных превращений частиц (диаграммы Фейнмана); в 1955 г. развил теорию квантованных вихрей в сверхтекучем гелии; в 1958 (40) г. создал количественную теорию слабых взаимодействий; в 1969 г. разработал метод интегрирования по траекториям.

Ферми Энрико (1901–1954 (53)); *Ноб. пр.* 1938 (37) «за доказательство существования новых радиоактивных элементов, полученных при облучении нейтронами, и связанное с этим открытие ядерных реакций, вызываемых медленными нейтронами») – итальянский физик; в 1925 (24) г. разработал статистику частиц с полуцелым спином (статистика Ферми–Дирака)); в 1929 (28) г. разработал канонические правила квантования поля; в 1934 (33) г. открыл искусственную радиоактивность, обусловленную нейтронами, обнаружил явление замедления нейтронов и дал его теорию; в 1939 г. экспериментально доказал, что при делении ядер урана медленными нейтронами излучаются 2–3 нейтрона, и доказал возможность осуществления цепной ядерной реакции деления урана; 2 декабря 1942 г. запустил в Чикаго первый управляемый реактор.

Фойгт Вольдемар (1850–1919 (69)) – немецкий физик; в 1878 (28) г. разработал теорию механической, а в 1888 г. – электромагнитной дисперсии; в 1887 г. использовал преобразования, близкие к преобразованиям Х. Лорентца; в 1899–1900 гг. построил теорию магнитооптических явлений (теория Лорентца–Фойгта).

Франк Джеймс (1882–1964 (82)); *Ноб. пр.* 1925 (43) «за открытие законов соударений электронов с атомами» (вместе с Густавом Герцем)); в 1912–1914 (30–32) гг. совместно с Г. Герцем осуществил эксперименты по возбуждению и ионизации атомов в парах ртути ударами электронов, открыл законы

столкновений электронов с атомами (опыты Франка–Герца); в 1925 г. предложил механизм, объясняющий фотохимическую диссоциацию молекул йода, развитый впоследствии Э. Кондоном (принцип Франка–Кондона).

Френель Огюстен Жан (1788–1827 (39)) – французский физик; в 1815 (27) г. пероткрыл принцип интерференции; в 1816 (28) г. дополнил принцип Гюйгенса, введя представление о когерентности элементарных волн и их интерференции (принцип Гюйгенса–Френеля); в 1818 г. разработал теорию дифракции света; выполнил опыты с бизеркалами (1816) и бипризмами (1819) по интерференции света; в 1821 г. доказал поперечность световых волн; в 1823 г. открыл эллиптическую и круговую поляризацию света и установил законы (формулы Френеля); изобрёл приборы: зеркала Френеля, бипризма Френеля, призма Френеля; является создателем (вместе с Т. Юнгом) волновой оптики.

Фридрих Вальтер (1883–1968 (85)) – немецкий физик и биофизик; в 1912 г. открыл с М. Лауэ и П. Книппингом дифракцию рентгеновских лучей на кристаллах; заложил основы рентгенотерапии; был ректором Берлинского университета, Президентом АН ГДР, президентом Немецкого Совета Мира и вице-президентом Всемирного Совета Мира.

Фриш Отто Роберт (1904–1979 (75)) – английский физик; в 1933 (29) г. вместе с О. Штерном измерил магнитный момент протона в водородной молекуле; в 1939 (35) г. вместе с Л. Мейтнер дал правильную интерпретацию опытов О. Гана и Ф. Штрассмана как явления деления ядра урана нейтронами и экспериментально воспроизвёл их, доказав существование энергосвечения за счет осколков ядер урана.

Хевеши Дьёрдь (1885–1966 (81); *Ноб. пр., хим. 1943 (58)* «за работу по использованию изотопов в качестве меченых атомов при изучении химических процессов») – химик, физик и радиобиолог; в 1913 (28) г. вместе с Ф. Панетом разработал метод меченых атомов; в 1920 (35) г. наблюдал явление изотопного обмена; в 1923 (38) г. вместе с Д. Костером открыл гафний; разработал метод нейтронно-активационного анализа.

Чэдвик Джеймс (1891–1974 (83); *Ноб. пр. 1935 (44)* «за открытие нейтрона») – английский физик; в 1914 (23) г. открыл непрерывный спектр энергии β -излучения; в 1920 (29) г. измерил заряды ядер платины, серебра и меди; в 1932 г. показал, что излучение облучённого α -частицами бериллия является потоком нейтронов; в 1934 (43) г. совместно с М. Гольдхабером впервые обнаружил расщепление ядра под действием гамма-квантов энергии 2,62 МэВ, расщепил дейтрон и предсказал β -распад нейтрона; одним из первых рассчитал критическую массу урана-235.

Шварцшильд Карл (1873–1916 (43)) – немецкий астроном и физик; в 1906 (33) г. разработал теорию лучистого равновесия звёздных атмосфер; в 1910–1912 гг. дал общие уравнения звёздной статистики; в 1916 г. нашёл точное решение уравнения Эйнштейна для статистического центрально-симметричного гравитационного поля.

Шокли Уильям Брэдфорд (1910–1989 (79); Ноб. пр. 1956 (46) «за исследование полупроводников и открытие транзисторного эффекта» (вместе с Дж. Бардиным и У. Браттейном)) – американский физик; в 1948 (38) г. открыл «эффект поля», важный для работы транзистора; изобрёл способ создания диффузионного базового электрода; положил начало серии работ по изучению свойств германия и кремния; в 1949 г. совместно с Дж. Хейнсоном осуществил эксперимент по определению подвижности и времени жизни неосновных носителей заряда в германии; предсказал возможность осуществления триода с p – n – p переходами, предложил p – n – p -транзистор.

Шрёдингер Эрвин (1887–1961 (74); Ноб. пр. 1933 (46) «за открытие новых перспективных форм атомной теории» (вместе с П. А. М. Дираком)) – австрийский физик; в 1925–1927 (38–40) гг. построил волновую механику на основе идей де Бройля о волнах материи и принципа Гамильтона; в 1926 г. доказал эквивалентность волновой теории и матричной механики; ввёл для описания состояния микрообъекта волновую функцию; построил квантовую теорию возмущений.

Штарк Иоганн (1874–1957 (83); Ноб. пр. 1919 (45) «за открытие эффекта Доплера в канальных лучах и расщепление спектральных линий в электрических полях») – немецкий физик; в 1905 (31) г. обнаружил эффект Доплера в канальных лучах; в 1907 (33) г. дал объяснение рентгеновскому излучению и вторичным электронам, возникающим при торможении катодных лучей; в 1913 (39) г. открыл явление расщепления спектральных линий в электрическом поле (эффект Штарка).

Штерн Отто (1888–1969 (81); Ноб. пр. 1943 (55) «за вклад в развитие метода молекулярных пучков и открытие и измерение магнитного момента протона») – немецкий физик; в 1920 (32) г. экспериментально измерил скорости теплового движения молекул газа разработанным им методом атомных (молекулярных) пучков (метод Штерна); в 1922 (34) г. вместе с В. Герлахом экспериментально доказал наличие магнитного момента атома, т. е. было подтверждено пространственное квантование (опыт Штерна–Герлаха); в 1929 (41) г. совместно с И. Эстерманом впервые показал, что дифракция свойственна и атомным пучкам (продемонстрированы волновые свойства протонов); в 1933 (45) г. вместе с О. Фришем впервые измерил магнитный момент протона в водородной молекуле.

Штрассман Фриц (1902–1980 (78)) – немецкий химик и физик; дал химическое объяснение процессу деления ядер урана, открытому в совместном с О. Ганом опыте в декабре 1938 г.; занимался ядерной химией, радиоактивными изотопами урана и тория.

Эвальд Пауль (1888–1985 (97)) – немецкий физик; в 1912 (24) г. построил теорию поляризации диэлектрических кристаллов; в 1916 (28) г. – динамическую теорию интерференции рентгеновских лучей; в 1921 (33) г. предложил метод вычисления постоянной Маделунга (метод Эвальда).

Эйнштейн Альберт (1879–1955 (76); Ноб. пр. 1921 (42) «за заслуги перед теоретической физикой и особенно за открытие закона фотоэлектрического эффекта») – физик-теоретик; в 1905 (26) г. разработал основы специальной теории

относительности; открыл закон взаимосвязи массы и энергии; ввёл представление о квантовой природе света (поток фотонов); построил теорию фотоэффекта; развил теорию броуновского движения в статистической форме; в 1907 (28) г. – первая квантовая теория теплоёмкости твёрдых тел; в 1909 г. получил формулу для флуктуирующей энергии в равновесном излучении; в 1915 г. завершил создание релятивистской теории тяготения, которая устанавливает связь между пространством-временем и материей; в 1924–1925 гг. создал квантовую статистику частиц с целым спином (статистика Бозе–Эйнштейна); с 1933 г. работы посвящены вопросам космологии и единой теории поля.

Эренфест Пауль (1880–1933 (53)) – физик-теоретик; в 1911 (31) г. вместе с Т. Афанасьевой выполнил логический анализ статистической механики; в квантовой статистике сформулировал адиабатическую гипотезу; предложил квазиэргодическую гипотезу; в 1931 г. с Р. Оппенгеймером показал, что ядра с нечётным атомным числом подчиняются статистике Ферми–Дирака, а с чётным – статистике Бозе–Эйнштейна (теорема Эренфеста–Оппенгеймера); в 1933 г. ввёл понятие фазовых переходов II рода.

Юкава Хидэки (1907–1981 (74); Ноб. пр. 1949 (42) «за предсказание существования мезонов на основе теоретической работы по ядерным силам») – японский физик; в 1935 (28) г. выдвинул гипотезу о существовании частиц с массой около 200 электронных масс (мезонов); предсказал *K*-захват; в 1938 (31) г. построил скалярную теорию ядерных сил; в 1953 г. выдвинул теорию промежуточного бозона.

Юнг Томас (1773–1829 (56)) – английский физик; в 1800 (27) г. создал трактат «Опыты и проблемы по звуку и свету», где указал на усиление и ослабление звука при наложении звуковых волн (интерференция) и предложил принцип суперпозиции волн; в 1801 (28) г. объяснил явление интерференции света; разработал теорию цветового зрения; один из создателей волновой оптики; в 1807 г. в теории упругости ввёл характеристику упругости – модуль растяжения (модуль Юнга).

Оглавление

Предисловие к серии «Лекции в Академическом университете»	3
Предисловие к тому 2.....	7
Введение. Этапы истории физики первой половины XX века	13
Глава 1. Рождение «новой физики». Рентгеновские лучи. Конрад Вильгельм Рёнтген. Макс фон Лауэ.....	28
Глава 2. Радиоактивность. Анри Беккерель. Мария и Пьер Кюри. Эрнест Резерфорд	62
Глава 3. Создание квантовой теории вещества. Макс Планк.....	86
Глава 4. Квантовая теория фотоэффекта и теория относительности. Альберт Эйнштейн	120
Глава 5. Копенгагенская школа квантовой механики. Нильс Бор	151
Глава 6. Учёные и учителя физиков XX века – Арнольд Зоммерфельд и Макс Борн.....	174
Глава 7. Знаменитые ученики выдающихся физиков – Вольфганг Паули и Вернер Гейзенберг	209
Глава 8. Волновая физика. Луи де Бройль. Эрвин Шрёдингер. Поль Дирак	259
Заключение.....	292
Список литературы	294
Приложение. Алфавитный список учёных, упомянутых в части I книги	296

**ОЧЕРКИ ИСТОРИИ ФИЗИКИ
ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XX века**

Часть I

**СТАНОВЛЕНИЕ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ –
ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ**

Учебное пособие

Публикуется в авторской редакции
Технический редактор: М. В. Егорова
Компьютерная верстка: А. М. Абрамова
Ретушь фотографий: А. И. Рыбец

Санкт-Петербургский академический университет –
научно-образовательный центр нанотехнологий
(Академический университет)
194021, Санкт-Петербург, ул. Хлопина, 8, корп. 3

Подписано в печать 27.12.12. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Гарнитура «Times New Roman». Печ. л. 20,25.
Тираж 300 экз. Заказ

Отпечатано в ООО «Типография Феникс»
194156, Санкт-Петербург, пр. Энгельса, 27