

## Пролог

# Встреча великих

**П**ауль Эренфест чуть не плакал. Он решился. Скоро начнется конгресс, который продлится неделю. Там будут многие участники квантовой революции, и они попытаются осмыслить значение сделанного ими. И именно там ему придется сказать старому другу Альберту Эйнштейну, что он, Эренфест, принял сторону Нильса Бора. Эренфест, тридцатичетырехлетний австриец, профессор теоретической физики из Лейденского университета (Голландия), был убежден: мир атомов на самом деле так странен и неосвязаем, как об этом говорит Бор<sup>1</sup>.

В записке, переданной Эйнштейну во время заседания, Эренфест неразборчиво написал: “Не смейся! Для профессоров, преподающих квантовую теорию, в чистилище есть специальный семинар, где они вынуждены слушать лекции по классической физике десять часов каждый день”<sup>2</sup>. “Меня умиляет их наивность, — ответил Эйнштейн. — Кто знает, кто посмеется последним?”<sup>3</sup> На самом деле Эйнштейну было совсем не до смеха: на кону стояли сама природа реальности и основы физики.

Фотография участников V Сольвеевского конгресса “Электроны и фотоны”, прошедшего в Брюсселе 24–29 октября 1927 года, отражает финал самого драматического периода в истории физики. Семнадцать из двадцати девяти участников конгресса получили Нобелевскую премию, так что его можно назвать одной из самых впечатляющих “встреч великих”<sup>4</sup>. Она ознаменовала собой конец “золотого века” физики, конец невероятной эры научного творчества. Последний раз события подобного масштаба происходили во времена научной революции XVII века, во главе которой шли Галилей и Ньютон.

Пауль Эренфест — третий слева в последнем ряду. В первом сидят восемь мужчин и одна женщина. Шестеро из мужчин — лауреаты Нобелевской премии по физике или химии. У женщины сразу две премии: по физике (1903) и химии (1911). Это Мария Кюри. В центре, на почетном месте, восседает еще один нобелевский лауреат. Это Альберт Эйнштейн — самый знаменитый ученый со времен Ньютона. Он смотрит прямо в объектив, и, кажется, ему немного не по себе. непонятно, что именно является причиной дискомфорта: жесткий воротничок и галстук — или же услышанное на конгрессе в течение прошедшей недели. Справа в конце второго ряда — Нильс Бор. Он выглядит расслабленным и хитрово улыбается. Конгресс для него прошел удачно. Тем не менее в Данию Бор вернулся разочарованным: ему так и не удалось убедить Эйнштейна в правильности “копенгагенской интерпретации”, договориться о природе реальности, открываемой нам квантовой механикой.

Не собиравшийся сдаваться Эйнштейн потратил неделю на то, чтобы показать: квантовая механика не самосогласованна, а “копенгагенская интерпретация” Бора — некорректна. Гораздо позднее Эйнштейн скажет: “Эта теория напоминает мне состряпанный из бессвязных обрывков мыслей набор бредовых идей исключительно умного параноика”<sup>5</sup>.

Справа от Марии Кюри, с сигарой и шляпой в руке, Макс Планк — человек, открывший кванты. В 1900 году он вынужден был выдвинуть гипотезу о том, что энергия световой волны или любого другого электромагнитного излучения, испускаемого или поглощаемого телом, может складываться только из разного числа небольших порций. Отдельную порцию энергии Планк назвал квантом. Введение кванта энергии означало принципиальный разрыв с давно устоявшимся представлением о том, что энергия излучается или поглощается непрерывно, как текущая из крана вода. В окружающем мире, где безраздельно царит физика Ньютона, вода может капать из крана, но обмен энергией не может происходить отдельными капельками разных размеров. Однако на атомном и субатомном уровнях хозяйничают кванты.

Позднее ученые открыли, что энергия электрона в атоме “квантована”: она может принимать только строго определенные значения. Когда стало понятно, что микромир неспокоен и лишен непрерывности, что он не является съезжившейся копией большого мира людей, в котором физические свойства меняются плавно и непрерывно, а при движении из пункта *A* в пункт *C* не миновать пункта *B*, выяснилось, что и другие физические величины квантованы. А квантовая физика утверждает, что электрон в атоме, находившийся в некотором определенном месте, испустив или поглотив квант энергии, может, как по волшебству, оказаться на новом месте, не появляясь в каком-либо промежуточном пункте. Такое поведение частицы находится за пределами понимания классической физики. Это казалось невероятным, равнозначным тому, что тело, вдруг исчезнувшее в Лондоне, в то же мгновение не менее неожиданно появилось бы в Париже, Нью-Йорке или Москве.

Уже к началу 20-х годов стало окончательно ясно, что достижения квантовой физики построены на зыбком фундаменте и не структурированы логически. Из этого состояния замеша-

тельства возникла дерзкая новая наука — квантовая механика. В школе до сих пор рассказывают, что атом похож на миниатюрную Солнечную систему, в которой электрон вращается по орбите вокруг ядра. Эта модель атома была забыта. Согласно новой теории, зримого образа атома просто не существует. В 1927 году Вернер Гейзенберг сделал открытие, настолько противоречившее здравому смыслу, что даже ему, вундеркинду квантовой механики, вначале трудно было понять его значение. Он сформулировал так называемый принцип неопределенности, который гласит: если вы хотите узнать точную скорость частицы, то определить точно, где она находится, невозможно (и наоборот).

Никто не понимал, как интерпретировать уравнения квантовой механики и что именно может сказать эта теория о природе реальности на квантовом уровне. Вопросы о причинах и следствиях, а также, например, о том, существует ли Луна, когда никто на нее не смотрит, уже во времена Платона и Аристотеля перешли в ведение философии, но после появления квантовой механики они сделали предметом дискуссии самых выдающихся физиков XX столетия.

Хотя все основные понятия квантовой физики были уже введены, V Сольвеевский конгресс открыл новую главу в истории кванта. Дело в том, что разгоревшийся на этой конференции спор между Эйнштейном и Бором продолжается до сих пор. Многие выдающиеся ученые и философы все еще пытаются выяснить, какова природа реальности и какое описание реальности должно считаться осмысленным. “Никогда еще не велись столь глубокие интеллектуальные споры, — утверждал писатель и ученый Ч. П. Сноу. — Жаль, что их сущность не может стать общим достоянием”<sup>6</sup>.

Эйнштейн, один из двух главных участников этих дебатов, — легенда XX века. Однажды ему предложили выступить в лондонском театре “Палладиум”. Дамы в его присутствии падали в обморок. В Женеве девушки осаждали его. Сегодня так по-

клоняются только поп-певцам и кинозвездам. В 1919 году, когда стало известно об изгибании светового луча, наблюдавшемся в момент полного солнечного затмения и предсказанном на основании общей теории относительности, Эйнштейн превратился в научную звезду первой величины. В этом качестве он ездил с лекциями по Америке и в январе 1931 года в Лос-Анджелесе пришел на премьеру фильма Чарли Чаплина “Огни большого города”. Увидев Чаплина и Эйнштейна вместе, толпа начала бурно аплодировать. “Меня приветствуют потому, что все меня понимают, — сказал Чаплин Эйнштейну. — А вас — потому, что не понимает никто”<sup>7</sup>.

Нильса Бора и тогда, и сейчас знают гораздо меньше. Правда, в 1923 году Макс Борн, сыгравший центральную роль в развитии квантовой механики, писал, что “влияние Бора на теоретические и экспериментальные исследования нашего времени гораздо существеннее, чем какого-либо другого физика”<sup>8</sup>. В 1963 году, спустя сорок лет, Вернер Гейзенберг заявил, что “в нашем столетии влияние Бора на физику и физиков было самым сильным, сильнее даже влияния Альберта Эйнштейна”<sup>9</sup>.

В 1920 году, когда Эйнштейн и Бор впервые встретились в Берлине, каждый из них сразу понял, что нашел “спарринг-партнера” и что еще долго без ожесточения и затаенной вражды они будут обмениваться ударами, пытаясь точнее и полнее понять, что такое квант. Это им (и еще некоторым участникам Сольвеевского конгресса 1927 года) обязана своим рождением квантовая физика. “То было героическое время, — вспоминал американский физик Роберт Оппенгеймер, который в 20-е годы был еще студентом. — Период упорной работы в лабораториях, постановки критически важных экспериментов, отчаянных поступков, множества фальстартов и невероятных гипотез. Это было время открытой переписки, наспех созванных конференций, дебатов, критики и блестящих математических импровизаций. Для тех, кто принимал в этом участие, это

было время созидания”<sup>10</sup>. Согласно Оппенгеймеру, отцу атомной бомбы, “они испытывали одновременно и ужас, и экзальтацию, глядя на то новое, что им открылось”.

Без кванта мир, в котором мы живем, был бы совсем другим. Однако почти все XX столетие физики мирились с тем, что квантовая механика отрицает существование реальности за пределами той, которую можно измерить в эксперименте. Именно это заставило американского физика Мюррея Гелл-Манна, лауреата Нобелевской премии, сказать, что квантовая механика — это “мистическая, сбивающая с толку дисциплина, которую никто из нас по-настоящему не понимает, но все знают, как ею пользоваться”<sup>11</sup>. И ею действительно пользуются. Квантовая механика определяет направление развития и формирует современный мир. Она делает возможным все: от компьютеров до стиральных машин, от мобильных телефонов до атомного оружия.

История кванта начинается в конце XIX века, когда, несмотря на недавнее открытие электрона, рентгеновских лучей, радиоактивности и продолжающейся дискуссии о том, существуют атомы или нет, многие физики были уверены, что ничего значительного уже открыть нельзя. “Наиболее важные фундаментальные законы и явления физической науки уже известны. Эти законы установлены настолько достоверно, что возможность их изменения в связи с новыми открытиями представляется почти невероятной”, — заявил американский физик Альберт Майкельсон в 1899 году. “Будущим исследователям, — утверждал он, — остается уточнять полученные результаты в шестом знаке после запятой”<sup>12</sup>. Взгляд Майкельсона на физику как на науку “знаков после запятой” разделялся тогда многими. Считалось, что любая нерешенная задача не представляет угрозы для сложившихся физических представлений и что она рано или поздно будет решена с помощью освященных веками теорий и принципов.

Джеймс Клерк Максвелл, величайший физик-теоретик XIX века, еще в 1871 году выступал против такой самоуспокоенности: “Представление о современных экспериментах, сводящихся якобы только к измерениям, распространено так широко, что кажется, будто в скором будущем все основные физические постоянные будут приблизительно оценены, а единственное, что останется ученым — повторять эти измерения с точностью до следующего знака после запятой”<sup>13</sup>. Но сам Максвелл считал, что настоящей наградой за “тщательно проведенные измерения” является не увеличение точности, а “открытие новых областей исследований” и “формулировка новых научных идей”<sup>14</sup>. Открытие кванта было результатом именно таких “тщательно проведенных измерений”.

В 90-х годах XIX века многие ведущие немецкие физики были поглощены поиском ответа на давно мучивший их вопрос: какова связь между температурой, цветовой гаммой и интенсивностью света, излучаемого горячим железным прутом? Эта задача казалась тривиальной по сравнению с раскрытием тайны рентгеновских лучей и радиоактивности, заставлявшей физиков стремиться в лаборатории, ставить эксперименты и засиживаться над расчетами. Но для страны, образовавшейся только в 1871 году, поиск решения задачи о горячем железном пруте (позднее она стала называться задачей об абсолютно черном теле) был тесно связан с необходимостью сделать немецкую промышленность способной выдержать конкуренцию с английской и американской. Однако при всех затраченных усилиях лучшие немецкие ученые задачу о горячем пруте решить не могли. В 1896 году им показалось, будто решение найдено, но скоро новые эксперименты показали, что это не так. Эту задачу решил Макс Планк.