

# Квантовая теория в 1929 году

## Воспоминания о первой Копенгагенской конференции

Профессор Л. Розенфельд

"Природа" 1973 № 8



*Леон Розенфельд, один из создателей квантовой физики, многолетний ассистент и друг Н. Бора, с которым он вместе разрабатывал проблемы квантовой электродинамики. Преподавал в крупнейших университетах Европы (Льеж, Брюссель, Цюрих, Утрехт, Геттинген, Лейден, Манчестер, Копенгаген); действительный член и член-корреспондент многих академий; с 1955 г. — главный редактор журнала «Nuclear Physics». Автор ряда монографий, а также большого числа книг и статей по истории и философии физики.*

Воспоминания Л. Розенфельда связаны с празднованием 50-летнего юбилея Института теоретической физики в Копенгагене. Этот институт называют институтом Нильса Бора — по имени его основателя и бессменного руководителя на протяжении 41 года, по имени человека, определявшего дух института и его роль в мировой физике. Сюда, в Копенгаген, приезжали учиться и работать физики многих стран. Здесь в 20-е годы возникал удивительный мир квантовых представлений, так непохожих на то, что знала до этого классическая физика.

Первая Копенгагенская конференция собралась в то время, когда основные положения квантовой механики были уже сформулированы. Но мы видим, что правильный анализ волновой функции еще продолжал быть искусством; роль спина электрона и его проявление не выяснены; большие трудности стояли на пути построения релятивистской квантовой механики. Сделаны только первые ходы в дискуссии Н. Бора и А. Эйнштейна о полноте и адекватности квантовомеханического описания.

Обсуждение научных вопросов будет, несомненно, интересно читателю. Но еще поучительнее та атмосфера радости творчества и открытий, которая царил на конференции и так прекрасно передана Л. Розенфельдом. С большой теплотой и юмором описаны увлеченность Бора, его гуманизм, лекторское «мастерство»; подчеркнута целеустремленность Г. Казимира, продолжающего вычисления во время киносеанса; мы присутствуем на «открытии» так называемого «эффекта Паули» — неизбежной поломки или аварии при посещении теоретиком В. Паули экспериментальной лаборатории.

Большинство участников конференции 1929 г. стали теперь классиками науки. Их имена широко известны. Не узкими специалистами, а людьми со всеми своими сильными и слабыми сторонами предстают они перед нами. В этом — вклад рассказа Л. Розенфельда в психологическую реконструкцию их образов, о которой так хорошо недавно написал Д. Данин<sup>1</sup>.

Профессор В. М. Г а л и ц к и й

Хотя в историческом плане первая Копенгагенская конференция в 1929 г. символизирует скорее окончание героического периода в жизни института, нежели зарождение его деятельности, начавшейся пятьдесят лет тому назад, тем не менее празднование юбилея не может не вызывать

в памяти воспоминаний о той упорной неделе, когда дух Копенгагена воспарил над взбаламученными водами, из которых только что родилась квантовая теория. События той конференции теперь представляются мне особенно величественными. А тогда я был всего-навсего новичок, и картина, которая запечатлелась в моем сознании, имеет ту живость,

<sup>1</sup> Д. Данин. Сорок баррелей парижского пластыря. «Природа», 1973, № 3.

какая остается на всю жизнь от одного-единственного взгляда на захватывающе чудесный мир. Поэтому я, не колеблясь, буду воскрешать ее как свидетельство того умонастроения, с каким новое поколение принимало свою эстафету у пионеров создававшейся теории и устремлялось вперед, чтобы продолжать никогда не прекращавшийся поиск. Однажды я уже рассказывал о своих впечатлениях об этой знаменательной неделе в статье, озаглавленной «Мой дебют». Статья была написана весело, но правдиво, она передает характер царившей тогда атмосферы, и ей повезло быть напечатанной в «Журнале комической физики» выпуска 1945 г.; я не собираюсь вести настоящее повествование в более торжественном тоне и буду всякий раз цитировать предыдущую статью, как мне заблагорассудится.

Как почти все замечательное в мире, идея о созыве конференции родилась совершенно случайно. По собственным словам Бора: «Мысль об этой конференции возникла потому, что несколько физиков, работавших здесь раньше, объявили о своем намерении посетить Копенгаген в пасхальные каникулы. Предполагалось также, что приедут Паули и Крамерс, поэтому складывались чрезвычайно благоприятные обстоятельства для интересных и поучительных дискуссий...»<sup>1</sup>.

Для отеческой позиции Бора было вполне естественно, что случайно совпадающий приезд отдельных членов семьи зародил в нем намерение собрать целиком все семейство. Конечно, всем приехать не удалось, но по крайней мере добрых человек двадцать из разных уголков Европы откликнулись на приглашение: из Кембриджа — старый друг Бора по манчестерским временам Дарвин; из Лейдена — другой близкий друг, великий мастер классической эры Эренфест вместе с одним из самых молодых своих студентов Казимиром; из Утрехта — первый соратник Бора Крамерс, который перед тем три года как уехал из Копенгагена, чтобы занять кафедру в Утрехте; из Цюриха

приехал Паули, который со своим пронзительным критическим умом уже тогда, как любил выражаться Бор, был «совестью физиков». Отозвалось несколько человек из Голландии, Германии и Скандинавии — те, кто в своей избранной области принимал деятельное участие в становлении атомной теории: Гаудсмит и Крониг, Хюккель, Фуес, Йордан, Гайтлер и Нордгейм, Росселанд, Хольтсмарк и Валлер. Мое собственное присутствие объяснялось тем, что незадолго до того я послал Бору письмо, в котором спрашивал, нельзя ли мне приехать поработать под его руководством; поэтому он относился ко мне как к ученику «в перспективе». В Копенгагене находились в те времена еще четыре иностранца, которые в палитру собравшейся ассамблеи добавили свежие краски собственной индивидуальности: Мотт — кембриджскую элегантность, Трумпи — норвежскую бодрость, китаец Чу — спокойную невозмутимость, а затмивший их Гамов — причудливую фантазию, которой благодаря ему поваяло на Западе. Что касается сотрудников самого института, то здесь были два экспериментатора — С. Вернер и И. С. Якобсен — и ближайший сотрудник Бора Оскар Клейн, который после Крамерса и Гейзенберга был следующим, кто пользовался доверием учителя. Среди горстки датских студентов, присутствовавших на заседаниях, встречаются знакомые имена Христиана Мёллера, Бенгта Штротгрена, Могенса Пиля и Эбба Расмуссена.

Конференция должна была открыться в понедельник, 8 апреля, и паломники начали стекаться накануне, в воскресенье. Они неизбежно должны были встретиться на палубе парома из Варнемюнде в Гедзер. Все обменивались рукопожатиями, делились новостями, говорили о служебных делах. Для меня же поездка была первым выходом в свет и прекрасным случаем взглянуть на Данию в робком цветении весны и с весело развевающимися флагами перед каждым крытым соломою домиком (флаги, как я узнал от более опытных спутников, были вывешены отнюдь не в честь конференции, а просто как

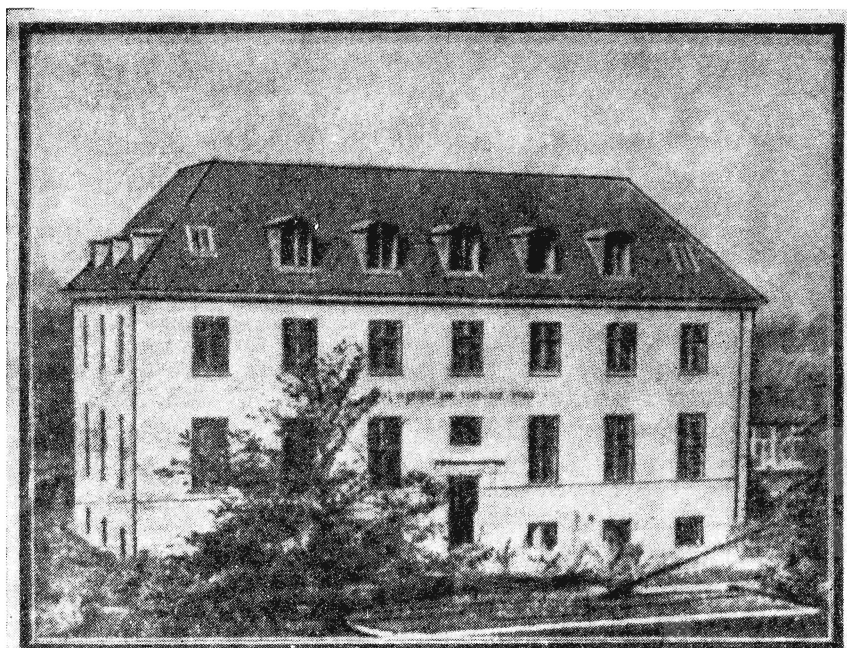
еженедельное свидетельство благополучия в доме). Старомодный вид парома и железнодорожных вагонов, забавные трубы локомотивов, непридуманное поведение железнодорожных служащих и местных пассажиров на уютных краснокирпичных станциях, около которых поезд неспеша замедлял свой ход, — все это создавало впечатление нетребовательной крестьянской общины, счастливой в своем хорошо защищенном маленьком мире. Туристические агентства еще не распознали в те времена, что за идиллическая страна Дания и как прекрасна ее столица.

Приятное ощущение старинного гостеприимства, навеянное сельским пейзажем, достигло апогея по прибытии в Копенгаген. На платформе нас встречал сам Нильс Бор. Вместе с ним был его брат Харальд, телохранитель Клейн и несколько мальчишек самых разных размеров, очевидно его сыновья. Я поздоровался с Харальдом, которого уже знал, ибо посещал в Геттингене его лекции, посвященные почти периодическим функциям, и затем первый раз в своей жизни обменялся рукопожатием с Нильсом. Нильс подарил мне широкую, благосклонную улыбку. Я был поражен той сердечной простотой, с какой он равно встречал как старых друзей, так и прибывающих вновь. Со станции я направился прямо в отведенное мне жилище — пансионат на Вестерском бульваре, который в те времена представлял собой широкую аллею, обсаженную величавыми вязами, создававшими достойный фон фигуре маленького трубача с его последним и вечно безответным призывом. За обедом я имел возможность убедиться, как датчане иногда умеют самих себя перещеголять в гостеприимстве. Они подвергли меня пытке своим произношением «rødgrød med fløde»<sup>1</sup> и к моим физическим страданиям добавили моральные, полагая, что все это я должен проглотить с удовольствием.

На следующее утро прибывшие столпились в лекционном зале инсти-

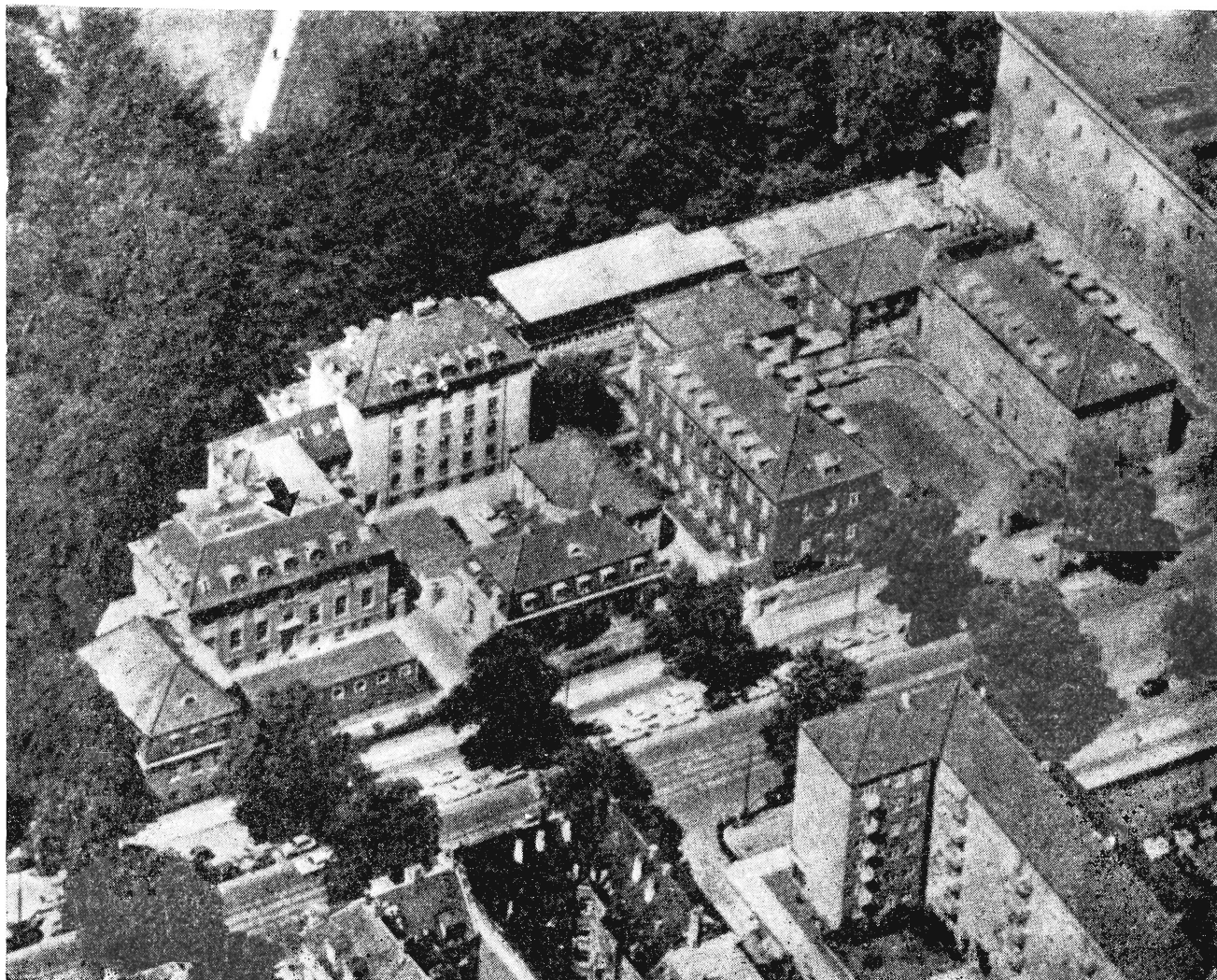
<sup>1</sup> Из письма Н. Бора П. Йордану от 5 марта 1929 г. (перев. с нем.).

<sup>1</sup> В переводе с датского — кисель со сливками. (Прим. перев.)



*Первое здание Института теоретической физики в Копенгагене. Строительство института было завершено в 1921 г., и его бессменным директором стал Н. Бор, возглавлявший институт вплоть до своей кончины в ноябре 1962 г.*

*Институт Нильса Бора и прилегающие строения (1965 г.) Год за годом институт (показан стрелкой) разрастался, и ныне он размещается в десяти зданиях, расположенных между улицей Блегдамсвей и Фгледпарком. Справа видны здания других институтов.*



тута, обновили старые знакомства и завязали новые. Мне случилось оказаться поблизости, когда вошел весь сияющий Эренфест и направился прямо к Бору в сопровождении высокого, хорошо причесанного розовощекого юноши с довольно ленивой походкой, совершенно не знающего, что делать со своими руками. «Прими этого ребенка,— сказал он Бору, с любовью положив руку на плечо молодого человека. — Кое-что он уже знает, но хорошая дубинка ему все же была бы кстати»<sup>1</sup>. На самом деле Казимиру в эти дни предстояло показать со всей очевидностью, что он кое-что и умеет. В те времена Гаудсмит с неподражаемым искусством занимался классификацией сверхтонких спектров и, естественно, был озабочен тем, как найти вклад в сверхтонкую структуру, вносимый электронным спином. Едва Гаудсмит упомянул о своей проблеме, как Казимир тут же живо среагировал. Он задал Гаудсмиту несколько вопросов и, погрузившись в размышления, отошел в дальний угол комнаты. Впрочем, послушаем об этой истории от него самого: «Во времена конференции дираковская теория электронного спина была еще абсолютно новой... Я изучил статью Дирака и книгу Вейля по теории групп и был буквально ошеломлен тем, с какой изумительной простотой распределен ток в основном состоянии атома водорода. Поэтому когда Гаудсмит спросил меня, не могу ли я посчитать сверхтонкое взаимодействие в S-состоянии, я тут же понял, что для этого нужно просто вычислить значение магнитного поля, создаваемое электронным током. Я получил формулу:

$$\Delta E = \frac{8\pi}{3} \frac{e\hbar}{mc} \frac{e\hbar}{2Mc} |\psi(0)|^2 g_i (\vec{s} \cdot \vec{I}),$$

где ядерный момент дается выражением  $(e\hbar/2Mc) g_i$ . Гаудсмит оценил величину  $|\psi(0)|^2$ , и мы получили довольно хороший результат, насколько мне помнится, для Na. После конференции я написал статью — видимо достаточно неуклюжую — и послал ее Гаудсмиту. Вернулась она ко мне

много времени спустя, вскоре после того как «Z. für Physik», приняла (18 декабря 1929 г.) и опубликовала («Z. für Physik», 60, 320, 1930) статью Ферми «О магнитном моменте атомных ядер».

Наблюдать, как упорно Казимир работает над этой задачей, было чрезвычайно поучительно. Однажды вечером несколько человек собрались в кино и звали с собой Казимира. В те времена фильмы демонстрировались с перерывами между сменой роликов с пленкой. И каждый раз, когда в зале зажигался свет, мы могли видеть нашего друга согнувшимся над немислимыми клочками бумаги, которые он поспешно усеивал формулами.

Отмечая решающее значение, которое для развития атомной теории имела дешифровка спектральных закономерностей, и особенно подчеркивая в связи с этим роль виртуозного мастерства Гаудсмита, Бор говорил, что талант Гаудсмита проследить скрытые закономерности в кажущемся хаосе ни в коем случае не был ограничен только физикой. Гаудсмит пробовал свои силы также и в классификации знаков, с помощью которых древние египтяне изображали священных скарабеев. В 1926 г., когда он в первый раз был в Копенгагене, Бор повез его в Глиптотеку взглянуть на коллекцию египетской скульптуры. Едва он начал переводить Гаудсмиту датские подписи, как тот спокойно остановил его, сказав, что в этом нет необходимости, ибо он может читать иероглифы.

У Бора в запасе было немало подобных анекдотических историй, отражавших его живой интерес к людям, и он никогда не уставал повторять их старшим и младшим физикам, собиравшимся вокруг него во время бесед, в которых он открыто высказывал свои мысли о перспективах текущих исследований и о широчайшем влиянии науки на общество. Его слова всегда были наполнены глубокой мудростью и высоким гуманизмом.

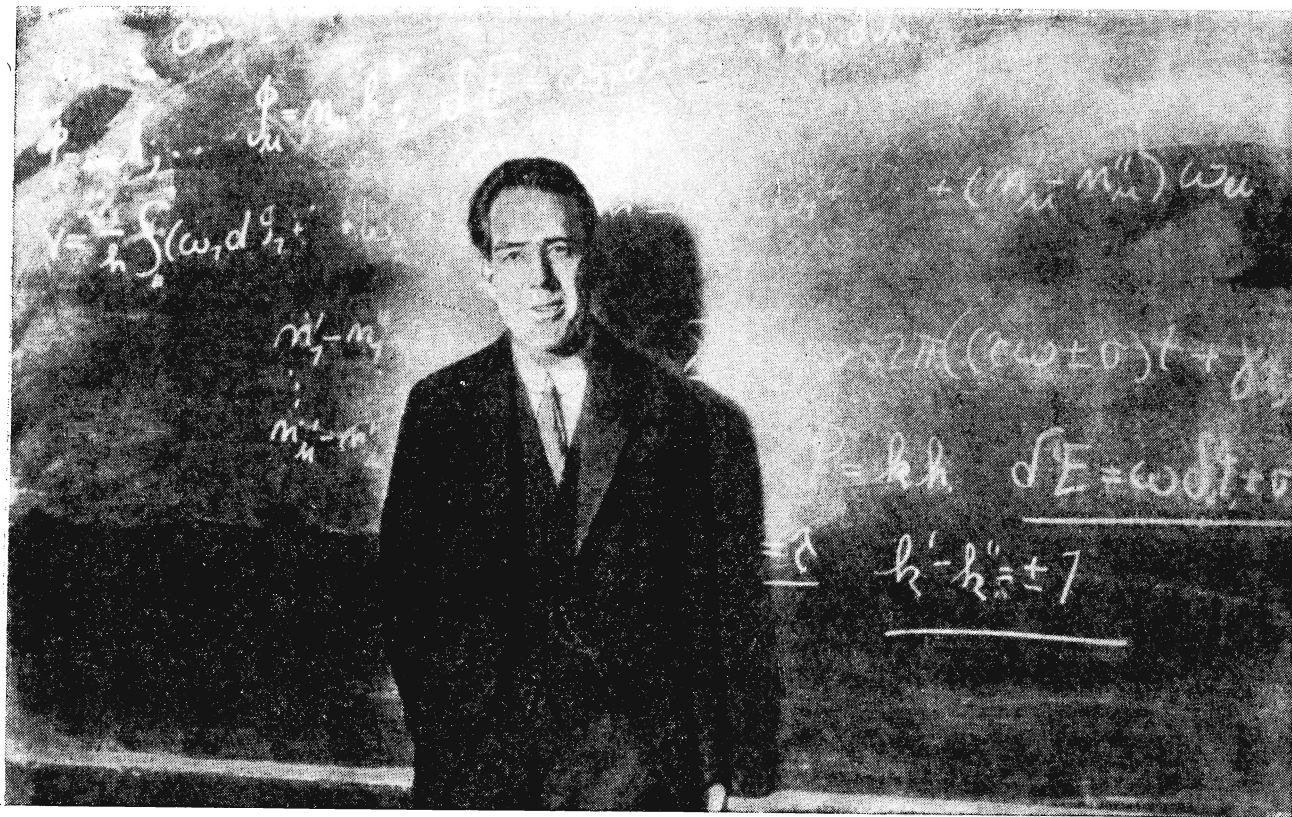
Бор как лектор — совсем другое дело. Об этой стороне много говорили, но мало писали. Кажется, един-

ственным, кто изложил свое мнение в печати, по сей день остается только Лармор. В речи, посвященной памяти Максвелла и произнесенной в Кембридже в 1931 г. (впоследствии опубликованной)<sup>1</sup>, Лармор остановился на репутации Максвелла как «плохого лектора» и по ходу дела добавил: «По-видимому, то же самое происходит и с нашим другом Бором: он подчас желает показать нам связи между слишком большим количеством явлений, и все за один раз». Во время речи я сидел с Бором. Когда Лармор дошел до этого места, Бор шепнул мне: «Представляешь, ему кажется, что я плохой лектор!». Лекции Бора, на подготовку к которым у него уходило много труда, были поистине шедеврами творческой разработки тонкостей диалектики; беда заключалась в том, что слушатели большей частью оказывались неподготовленными, чтобы уследить за легкими намеками на концепции и аргументы, которые были либо неизвестны им, либо трудны для восприятия.

Я не убежден, что вступительное слово Бора на этой конференции было и в самом деле хуже, чем обычно; возможно, он и не готовился так уж тщательно, поскольку встреча, по замыслу, должна была носить чисто информативный характер: никакой программы заранее подготовлено не было, и Бор просто по очереди отводил каждого участника в сторону и спрашивал, о чем бы тот хотел рассказать. Во всяком случае, вот какое впечатление сохранилось в моей памяти от его речи — в том виде, как я писал о ней (уже несколько ретроспективно) в 1945 г.: «Он начал с общих рассуждений, рассчитанных, несомненно, на то, чтобы вызвать у слушателей своеобразное ощущение, словно почва уходит у них из-под ног, что чрезвычайно помогает восприятию образа мышления в духе принципа дополнительности. Как только эта предварительная цель была успешно достигнута, он тотчас же перешел к своей главной теме и поверг

<sup>1</sup> Из письма Г. Казимира Л. Розенфельду от 7 декабря 1970 г. (перев. с нем.).

<sup>1</sup> J. Larmor. James Clerk Maxwell: A Commemoration Volume 1831—1931. Cambridge University Press, 1931, p. 78.



Н. Бор, 1923 г.

всех (за исключением Паули) в изумление своим заявлением о ненаблюдаемости спина электрона. Всю вторую половину этого дня мы вдвоем с Гайтлером провели в усиленных размышлениях над теми жалкими крохами ускользнувшей от нас мудрости, которые мы оказались в состоянии занести в наши конспекты».

Некоторое время спустя было очень утешительно услышать от Клейна, когда я рассказывал ему, как тщетно мы пытались понять смысл утверждения Бора о ненаблюдаемости спина электрона, что и сам Клейн при первой попытке Бора осенью 1928 г. обсудить с ним этот вопрос испытал такие же затруднения.

Руководствуясь общим принципом соответствия, Бор утверждал, что такое квантовое понятие, как спин электрона, которое в классическом пределе из теории выпадает, непосредственно привязать к классическим величинам типа углового момента количества движения или магнитного момента, по-видимому, не-

льзя. Клейну же было не совсем ясно, как в таком случае принцип соответствия можно согласовать с эффектом Штерна и Герлаха, в котором спин связанного электрона в  $^2S$ -состоянии проявляется со всей очевидностью благодаря вносимому им вкладу в магнитный момент атома. Однако точное содержание аргументов Бора состояло в том, что эксперимент Штерна и Герлаха со свободным электроном не может быть успешен по причине воздействия силы Лоренца, которая с неизбежностью размоет наблюдаемую в этом эксперименте картину. Именно этот пункт Бор и пытался столь безуспешно довести до слушателей в своей вступительной речи. К счастью, Мотт, который во время своего пребывания в институте занимался проблемой поляризации электронов, вскоре после конференции написал статью<sup>1</sup> (она была послана Бором 25 апреля), в которой исключительно виртуозно про-

демонстрировал, как указанное свойство электронов может быть установлено в экспериментах по двойному рассеянию. Тем самым он внес исчерпывающую ясность в вопрос, и благодаря ему мы вскоре безо всякого труда оказались в состоянии оценить всю силу замечательных аргументов Бора<sup>1</sup>.

Включение спина в релятивистскую квантовую теорию электрона не избавило ее от неприятностей, связанных с состояниями отрицательной энергии. Клейн незадолго до конференции чрезвычайно остроумно продемонстрировал парадоксальность ситуации, показав, что электрон, падающий на достаточно крутую и высокую потенциальную стенку, будет не только отражаться, но и в значительной мере проникать внутрь стенки, переходя в состояния с отрица-

<sup>1</sup> N. Mott. «Proc. Roy. Soc.», v. 124, 1929, p. 425.

<sup>1</sup> Продолжение дискуссий по этому вопросу и историю, связанную с ним, можно почерпнуть в работе: L. Kalckar. «Nuovo Cim.», v. 8A, 1972, p. 579. (Прим. перев.)



*Первая Копенгагенская конференция, 8—15 апреля 1929 г. Слева направо: в первом ряду — Бор, Крамер, Клейн, Росселанд, Крамерс, Дарвин, Крониг, Эренфест, Гамов; во втором ряду — Нордгейм, Гайтлер, Валлер, Хюнкель, Розенфельд, Мёллер, Казимир, Гаудсмит; в третьем ряду — Паули, Фукс, Хёендалль, Чу, Трумп, Пиль; в четвертом ряду — Вернер, Расмуссен, Якобсен и несколько студентов.*

тельной кинетической энергией<sup>1</sup>. На конференции он сделал попытку устранить «парадокс», предложив считать электростатический потенциал оператором с конечным верхним собственным значением. Тогда Йордан показал, что в этом случае максимально возможный потенциал должен иметь величину, вполне доступную для наблюдения — что-нибудь около  $2mc^2$  ( $m$  — масса электрона). Подобная разность потенциалов в реальной жизни возникает между грозowymi облаками и землей.

Замечание Йордана захватило воображение Бора: предположение Клейна оказалось возможным проверить. Максимально допустимый потенциал, по-видимому, влечет за собой нарушение стабильности материи. Если он возникает во время грозы, то птица, попадающая в область макси-

мального потенциала, должна погибнуть. Аудитория склонялась то «за», то «против» предположения Клейна — по мере того как обсуждались различные следствия, либо свидетельствующие в его пользу, либо обнаруживающие новые трудности. Бор же, к неописуемому изумлению Эренфеста, все время продолжал размышлять о судьбе птицы, и всякий раз, как дебаты слегка затихали, Эренфест тоном опечаленного ребенка обращался с вопросом: «Ну как, Бор, жива еще птичка?».

Когда мы вновь собрались после обеда, Клейн заявил, что убедился в неконструктивности своего предложения и потому снимает его. Тем самым его теория оказалась, по-видимому, самой короткоживущей по сравнению со всеми другими теориями.

При всей своей внешней жизнера-

достности Эренфест очень близко к сердцу принимал трудности, в которых, казалось, увязла релятивистская квантовая теория. Я заметил это на следующий день, когда, к большому своему удивлению, вскоре после окончания заседания получил приглашение Бора зайти к нему домой (его дом примыкал к институту, а сейчас слился с ним). Я был введен к нему в кабинет и застал Бора и Эренфеста расположившимися в удобных креслах и занятыми, судя по их улыбкам, приятной беседой. «Могли бы вы сказать нам,— обратился ко мне Эренфест со своей обычной доброжелательностью,— почему релятивистская теория Клейна — Гордона неприемлема?». «Потому,— ответил я педантично,— что плотность заряда и тока не являются в ней положительно определенными»: «Верно,— сказал Эренфест,— но можете ли вы привести хоть один про-

<sup>1</sup> О. Klein. «Z. für Physik», B. 53, 1929, S. 157.

стой пример, где это свойство влекло бы за собой нефизические следствия?». Никогда за всю свою жизнь не чувствовал я себя столь смущенным. Эренфест повернулся к Бору: «Видите — о чем я вам и говорил!». Из этого замечания я с большим для себя облегчением понял — и в ходе дальнейшей беседы это подтвердилось, — что мое фиаско они приписывали не моей тупости, а широко распространенной склонности молодого поколения поспешно принимать на веру формальные догмы. Бор вступился с утешительным замечанием о том, как трудно представить себе поведение электрона за теми пределами, где можно руководствоваться принципом соответствия, и описывать электрон как точечную заряженную частицу; мы должны быть все время готовы к дальнейшему отречению от классических понятий. Как часто мы слышали это предупреждение в последующие годы, пока открытие нейтрона и положительного электрона не сняло, наконец, заклинания!

Обращаясь к прошлому, нельзя не отдать дань восхищения той проницательности и независимости суждений, которые обнаруживались в умении Эренфеста ставить «еретические» вопросы. Однако (как я впоследствии узнал от Бора) весь свой ищущий критицизм он обращал прежде всего против самого себя: он понимал, что прогресс в столь неизведанной области мышления и воображения, какой является квантовая механика, требует отважного ума, не отягощенного колебаниями и сомнениями, терзающими его собственный; он боялся, что перестает ощущать физику, и, кроме того, для него — человека, который все богатство своей любви готов был отдать молодежи, — хуже всего было опасение, будто он теряет контакт с подрастающим поколением. Однако его внутренние противоречия внешне не проявлялись никак, и мы до самого конца видели его таким же бодрым, мудрым и сердечным, как и всегда.

Паули, сколько я его помню, обычно был мягким человеком, за исключением одного эффектного случая. Его гнев неожиданно вызвал Гейтлер

во время чтения своей лекции по теории гомополярной связи, поскольку, как оказалось, Паули питал сильнейшую неприязнь к этой теории. Едва только Гейтлер окончил, как Паули в негодовании двинулся к доске. Расхаживая взад и вперед, он громко изливал свое возмущение, в то время как Гейтлер уселся на стул на самом краю сцены. «На больших расстояниях», — говорил Паули, — теория, безусловно, неверна, поскольку здесь мы имеем ван-дер-ваальсовское притяжение; очевидно, она абсолютно неверна и на малых расстояниях». В этом месте он достиг конца сцены, противоположного тому, где сидел Гейтлер, повернулся и направился, угрожающе указывая зажатой в руке мелом, прямо на него. «И что же, — воскликнул он (перейдя с английского на немецкий. — В. И.), — апеллируя к доверию физиков, утверждается, что приближение, непригодное ни на больших, ни на малых расстояниях, в промежуточной области должно быть численно верным!» В этот момент он приблизился к Гейтлеру почти вплотную. Тот инстинктивно откинулся назад, спинка стула с треском отскочила, и несчастный Гейтлер кубарем полетел вниз (к счастью, не причинив себе серьезных повреждений).

Казимир, который тоже помнит этот случай, отмечает, что Гамов первым воскликнул: «Эффект Паули!». И как бы после некоторого раздумья он добавляет: «Иногда мне кажется, не подстроил ли Гамов фокус с этим стулом заранее».

Гамова я нашел таким же веселым, каким всегда знал по Геттингену с того первого дня, когда увидел в Институте Борна и услышал о его удивительном намерении применить квантовую механику к альфа-распаду. Его прямой подход к проблеме, конечно, исключительно импонирует Бору, который поддерживал Гамова всем сердцем, когда Лауэ высказал сомнение относительно законности вводимого им решения нового типа<sup>1</sup>. В те времена я был слишком напич-

кан доктринами Геттингена, чтобы не встать в этом споре на сторону Лауэ, тем более, что Борн как раз перед этим показал нам, как он намеревается подойти к проблеме при помощи рискованного, но очень изобретательного обобщения ортодоксальной теории возмущений<sup>1</sup>. Увещевая однажды Гамова в библиотеке, я дошел даже до того, что выразил сомнение: могут ли вообще гамовские волновые функции, обладающие бесконечной нормой, быть решениями уравнения Шредингера. Случилось так, что Паули краем уха услышал это довольно дикое замечание. «Разумеется, они являются решениями, — вмешался он, — но могут ли они быть допущены в квантовую механику — вот в чем вопрос». Гамов взглянул на нас с выражением удивления на лице: «Но ведь мое решение, — сказал он, — всего-навсего представляет собой затухающий резонансный процесс; экспоненциальное возрастание на больших расстояниях имеет чрезвычайно простую интерпретацию, и в конце концов я получил постоянную распада и уточнил закон Гейгера — Неттолла. Что вы еще от меня хотите?» — «Во всяком случае, — заключил уходя Паули, — было очень забавно видеть, какой поток статей вызвала ваша теория».

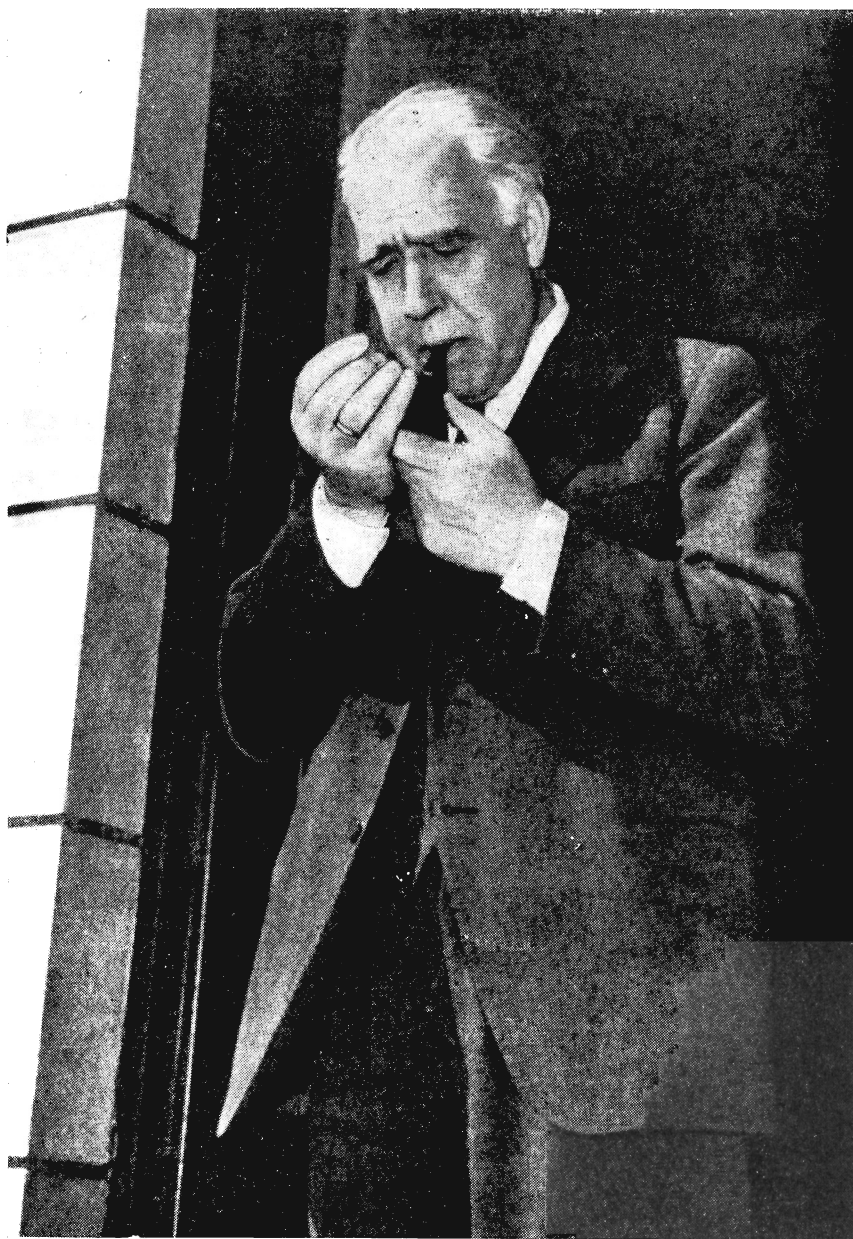
«Я вообще не могу понять, в чем дело, — продолжал Гамов. — Это всего лишь решение дифференциального уравнения в частных производных того же самого типа, какие мы используем в механике и в теории упругости. Когда я показал его Бору, он тотчас же пришел в восторг. Я был так обрадован и горд, что мне захотелось показать ему кое-что еще. Я заметил, что уравнение Шредингера может быть записано как классическое уравнение диффузии — только с чисто мнимым коэффициентом диффузии. Лучше бы мне было держать это про себя: Бор реагировал отнюдь не восторженно...»

Работа Гамова, которая была введением в ядерную физику, прошла без дебатов. Однако значительный интерес вызвал представленный Моттом анализ рассеяния альфа-частиц

<sup>1</sup> M. v. Laue. «Z. für Physik», B. 52, 1928, S. 726; G. Gamow. «Z. für Physik», B. 53, 1929, S. 601.

<sup>1</sup> M. Born. «Z. für Physik», B. 58, 1929, S. 306.

*Н. Бор у своего дома в Калсберге.*



гелием<sup>1</sup>. Это был прекрасный случай интерференции, возникающей благодаря тождественности взаимодействующих частиц, первый пример проявления бозе-статистики в индивидуальном процессе и хороший урок правильной интерпретации волновой функции — искусство в те дни столь новое, что аргументы Мотта были приняты не без сопротивления со стороны одного или двух участников конференции.

<sup>1</sup> N. Mott. «Proc. Roy. Soc.», v. A 125, 1929, p. 222; v. A 126, 1930, p. 259.

Дарвин глубоко интересовался проблемами интерпретации; в совершенстве владея математическим аппаратом в лучших традициях Кембриджа, он принес неоценимую пользу при подробном обсуждении множества идеализированных экспериментов, предназначенных для иллюстрации типичных черт квантовой механики. Один эксперимент, предложенный им самим<sup>1</sup>, представлял со-

<sup>1</sup> C. G. Darwin. «Proc. Roy. Soc.», v. A 124, 1929, p. 375.

бой довольно сложный случай конструктивной интерференции волновых пакетов, приводящей «спонтанно к результату, который интуитивно мог быть приписан только частицам». Анализ был, как всегда, великолепен, но, к несчастью, увел его под конец на скользкую почву. Он утверждал, что центр «наблюдения» может быть перемещен с физического рецептора на сетчатку глаза и оттуда — «куда-то в мозг», где «волей-неволей мы вынуждены остановиться». Что касается самого мозга, то процесс в нем «не

совершается» (process is «non-commit-tal»): «только после того как наше сознание оживит все данные, мы оказываемся в состоянии проследить процесс в обратном порядке и описать на знакомом языке частиц то, что произошло на самом деле». Таким образом, мы имеем как бы «подспудный мир», описываемый волновой функцией, «мертвый мир, содержащий не реальные события, а только потенциальную возможность всех событий, мир, оживляемый нашим сознанием, которое, выражаясь фигурально, вырезает из него кусок, когда производит наблюдения».

Это замечательное предвосхищение концепции сечения, введенного фон Нейманом, показалось мне довольно странным. Какое имеет значение, сколько глаз, или наблюдателей, следит за сцинтилляцией на экране: математический аппарат (единственное в те времена мое прибежище) относится только к частице, производящей сцинтилляцию; структура глаза, мозга или даже экрана на нем никак не сказывается. Такие мысли (насколько я могу припомнить после столь многих лет) бродили в моей голове, когда я слушал Дарвина. Однако больше всего меня беспокоило отсутствие реакции со стороны Бора на предложения, которые, на мой взгляд, были тесно связаны с идеями, высказанными им в лекции в Копенгагене. Я был так озабочен его невозмутимостью, приняв мною ошибочно за молчаливое согласие, что, собрав все свое мужество, приблизился к Бору и осторожно начал высказывать свои сомнения. «О,— перебил он меня,— все это чепуха!»

Затем он увлек меня в соседнюю комнату — лабораторию Хевеши. Она была уставлена шкафами, за стеклянными створками которых виднелись ряды бутылей, содержащих яркоокрашенные растворы редкоземельных соединений. Посреди комнаты стоял длинный стол, и я устроился с одного его края. То, что произошло дальше, мне трудно описать лучше, чем это было сделано в моей первой статье: «Бор в довольно быстром темпе очертил вокруг стола кеплеровский эллипс с большим эксцентриситетом и с фокусом в том месте, где стоял я. При этом он не переставал

разговаривать и своим мягким низким голосом набрасывал передо мной широкие контуры своей философии. Он шагнул, наклонив голову и нахмурив брови; время от времени вскидывал на меня свой взгляд и спокойным жестом подчеркивал особо важные пункты. По мере того как он говорил, слова и предложения, которые я читал раньше в его статьях, внезапно обретали жизнь и наполнялись смыслом. Это был один из тех немногих торжественных моментов, которые оправдывают существование, — откровение мира ослепительной мысли, истинное посвящение». Бор был особенно хорошо подготовлен к проблемам, поднятым Дарвином; он только что изложил (в коротком очерке<sup>1</sup> в честь 50-летия докторской диссертации Планка) свои размышления по поводу аспектов дополненности в психических явлениях. В качестве примера того смещения, которое может произойти при разделении наблюдающего субъекта и наблюдаемого объекта, он привел руку с палкой. Если палка держится крепко, то она играет роль инструмента, увеличивающего расстояние, на котором субъект может воспринимать осязательное ощущение, поэтому палка воспринимается субъектом как часть самого себя. Если же она держится не крепко, то перестает быть инструментом и становится объектом наблюдения. Ему очень нравился этот пример. Он настоял, чтобы я на себе испытал эффект при помощи оказавшегося на столе карандаша, и пристально наблюдал за мной в течение всего процесса, жадно ловя на моем лице признаки радостного удивления, которого я не мог не испытывать.

Я, пожалуй, не буду останавливаться на обязательной экскурсии в три замка с остановкой на загородной даче Бора в Тисвильде, на длительной прогулке через лес в Брантеберг и вдоль берега к поселку. Более активные участники демонстрировали свои спортивные таланты; Бор проявил выдающиеся способности в бросании камешков в море, отскакивающих рикошетом, но наиболее эф-

фектной оказалась акробатика Йордана (ходил слух, что он впоследствии занялся джиу-джицу). Я, пожалуй, расскажу еще только об одной послеобеденной прогулке небольшой группы (в которой был и Эренфест) в Христиансхавн, где Бор хотел показать нам храм Спасителя. Мы взяли лодку в Нихавне и пристали около знаменитого храма, вокруг колокольни которого вьется достопримечательная наружная лестница. Я внутренне весь подобрался при мысли, что вижу знаменитый монумент, о котором, будучи мальчишкой, читал в романе Жюль Верна «Путешествие к центру Земли». С того места, где мы пристали, колокольня выглядит удивительно плоской. Это же показалось и Эренфесту: «Она выглядит так, словно имеет эллиптическое сечение — если бы это только было возможно», — сказал он. Подниматься к колокольне нужно изнутри церкви. Сначала вступаешь на некоторое подобие платформы, на которой лежит бездействующий ржавый часовой механизм, сделанный, как мы установили, во времена Гюйгенса и Ньютона. Именно этот механизм и был истинной целью путешествия. Бор ликовал. «Этот механизм воочию показывает, что представляет собой классическая механика», — провозгласил он. — Никто, увидев его, не может усомниться, что наши измерительные инструменты — весомые тела!»

Перевод с английского  
из «Nordita publications», № 387,  
«Rhodos», Copenhagen, 1971  
В. К. Игнатовича

УДК 530.145

<sup>1</sup> N. Bohr. «Naturwiss.», B. 17, 1929, S. 483.