

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

ФИЗИКА

3/1985

Издается ежемесячно с 1967 г.

Д. С. ДАНИН

ТРУДЫ И ДНИ НИЛЬСА БОРА

(1885—1962)

КРАТКОЕ ДОКУМЕНТАЛЬНОЕ ПОВЕСТВОВАНИЕ

Издательство «Знание» Москва 1985

Даниил Семенович ДАНИН — член Союза писателей СССР, лауреат Государственной премии РСФСР, автор ряда научно-художественных книг.

Рецензент: Гольдманский В. И., академик.

СОДЕРЖАНИЕ

Автор — читателю	3
Глава первая. Это началось так	4
Глава вторая. Годы, когда сбывались надежды	27
Глава третья. Тридцать пять лет	60
Литература	80

Данин Д. С.

Д 17 Труды и дни Нильса Бора.—М.: Знание, 1985.—
80 с. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Физика»; № 3).
11 к.

Брошюра представляет собой краткий очерк жизни и творчества Нильса Бора — великого датского физика-мыслителя, создателя квантовой теории атома и одного из основоположников механики микромира. Современная научная мысль обязана ему глубокими руководящими идеями и новым стилем научного мышления. Он явился вдохновителем и главой интернациональной школы физиков-теоретиков. Замечательной была общественная деятельность ученого-гуманиста — первого поборника международного контроля над использованием ядерной энергии, борца против политики «атомного шантажа».

Брошюра рассчитана на широкий круг читателей.

1704070000

ББК 22.3
53

АВТОР — ЧИТАТЕЛЮ

Перед вами краткое документальное повествование о жизни и творчестве замечательного человека. Его имя — Нильс Бор. Оно широко известно. Еще бы! На протяжении многих десятилетий нашего века этому имени заслуженно и неизменно сопутствуют высокие слова признания: великий ученый, глубокий философ, революционер в науке, выдающийся общественный деятель... На такие суждения обычно щедры бывают потомки, когда все уже взвешено и оценено самой историей. Датчанин Нильс Бор удостоился их прижизненно.

...Однажды, — было это на рубеже 30-х годов, — видный голландский теоретик и его ученик ехали в Копенгаген на дискуссию по трудным проблемам познания природы. В поезде старший сказал младшему: «Тебе предстоит познакомиться с Нильсом Бором, а это самое важное, что может случиться в жизни молодого физика!».

...Пятнадцать лет спустя, — было это на исходе второй мировой войны, — стареющий британский фельдмаршал получил приглашение на официальный завтрак с участием Бора. Он воскликнул: «Это колоссально! Это все равно, что встретиться с Шекспиром или Наполеоном — одним из тех, кто изменял историю мира».

Эти суждения из числа тех, что произносятся «к случаю». Их слышат немногие. И если бы не мемуаристы, они могли бы остаться неизвестными. А такие свидетельства бесценны: в них звучат живые голоса благодарных современников Бора. Однако звучали и другие голоса — тоже невыдуманные, а живые.

Вот еще два высказывания. Для равновесия — тоже только два. И снова: автор одного — ученый, автор другого — политик.

...«Этот субъект положительно сошел с ума! Его модель атома — полнейшая бессмыслица». Голос принадлежал почтенному профессору физики в Геттингене. Он предостерегал коллег от увлечения научными идеями Бора.

..«Его следовало бы заключить в тюрьму или, в любом случае, предупредить, что он находится на грани преступления, караемого смертной казнью!» Голос принадлежал знаменитому премьер-министру Англии. Он предостерегал коллег от увлечения миротворческими идеями Бора.

Все это — документы времени. И надо бы добавить — красноречивые. В самом деле, разве не отражают они вкупе и драматическое течение деятельной жизни великого датчанина, и противоречивость эпохи, с которой совпала его жизнь?!

Взгляните на даты рождения и смерти Нильса Бора: 7 октября 1885 г. — 18 ноября 1962 г. Между этими датами пролегли 77 лет, включившие неповторимый период мировой истории. На протяжении его жизни исподволь вызревала, а потом раскрылась

во всей своей мощи и во всем своем трагизме «эпоха войн и революций». Грандиозным социальным бурям вторили небывалые потрясения и в мире духовных ценностей человеческой культуры — едва ли не во всех областях искусства и науки. Удивительно ли, что в физике глубин материи — основе основ естествознания — происходила, по выражению Бора, «решительная ломка» прежних понятий. И недаром сами физики окрестили ту пору в истории своей науки «эпохой бури и натиска». Эта романтическая метафора была в духе времени. А историки заговорили о «научной революции, не имевшей для себя параллелей на протяжении трехсот лет». Иначе говоря, со времен Ньютона.

Нильс Бор — вместе с Максом Планком и Альбертом Эйнштейном — стал ее зачинателем. А потом был ее признанным лидером и стражем ее завоеваний. Однажды он написал, что у Эйнштейна «была ноша, взятая им на себя в служении человечеству». И добавил, что времена, «омраченные трагическим развитием событий в политическом мире», делали эту ношу еще тяжелей. О своей судьбе скромнейший Бор в таких громких выражениях никогда не говорил. Меж тем и он нес подобную ношу. И порой она бывала неодолимо тяжела. Однако он умел, как и Эйнштейн, одолевать неодолимое. В этом все дело! Великий исследователь, он был и великой личностью. Об этом тут и рассказ.. Но прежде чем начать, еще два предваряющих слова.

...Мне уже посчастливилось написать о Нильсе Боре пространную книгу. Она вышла в серии «Жизнь замечательных людей» (1978 г.). Предлагаемое здесь — по необходимости краткое — повествование, естественно, опирается на ту книгу. Документальная основа осталась той же, что и там: материалы копенгагенского архива Бора, опубликованные и неопубликованные. Мне дважды представилась возможность поработать в архиве — в 1968 и 1975 годах, и я упоминаю об этом, чтобы еще раз выразить благодарность его хранителям. И конечно, такую же глубокую благодарность за устные рассказы о Боре я испытываю к его близким, к его ученикам и ассистентам.

Глава первая.

ЭТО НАЧАЛОСЬ ТАК

1

14 мая 1911 года сразу две копенгагенские газеты сообщили о защите в столичном университете одной докторской диссертации. Репортажу в «Дагбладет» сопутствовал умелый рисунок: бородатые профили профессоров-оппонентов и безбородый диссертант анфас — за кафедрой с манускриптом в руках, весь сосредоточенность и сила. «Бледный и скромный молодой человек, — отмечал репортаж в «Политикен», — почти не принимал участия в процедуре, непродолжительность которой была рекордной». И все-таки защита длилась полтора часа. Словоохотливо хвалили работу оппоненты. Профессор Кристиансен высказал даже сожаление,

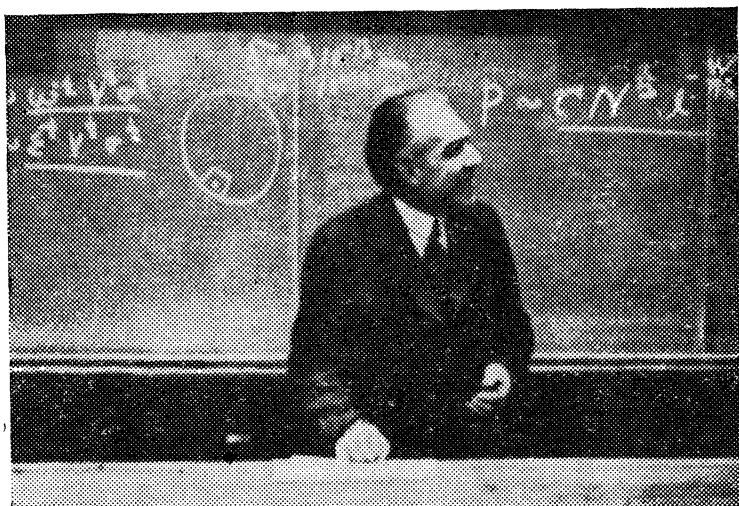
что она написана на датском языке: некому авторитетно оценить ее в Дании — нет достаточно сведущих знаатоков физики электронных явлений...

Меж тем послушать защиту пришло неожиданно много людей. Не хватило мест в аудитории № 3. Стояли в коридоре. Толпились на лестнице. Что же привело туда любопытствующих?

Молва о необычайных идеях или открытиях диссертанта? Нет, таких заслуг у молодого физика еще не было. Ну, разве что многие помнили на факультете об одном его успехе в студенческие годы: юнцом он взялся за конкурсное задание Датской королевской академии и сумел завоевать золотую медаль победителя. На свой лад он сделал тонкие замеры поверхностного натяжения воды и кое-что улучшил в формулах Рэлея. Превосходный старт для исследователя. Но для слухов о восходящей звезде слишком уж прозаична была та решенная задача. А ничего более примечательного за диссертантом пока не числилось.

Впрочем, еще семь лет назад, в 1904-м, когда он, девятнадцатилетний, учился на втором курсе, одна студентка убежденно написала о нем своему кузену:

«Занятно быть знакомой с гением. Это Нильс Бор. В нем все более проявляется что-то необычное. Это самый лучший и самый скромный человек, какого можно себе вообразить».



Она не расшифровала это «что-то необычное». Такие вещи трудно поддаются слову. И его отец не расшифровал свою фразу, сохранившуюся в семейных преданиях:

«Люди будут приходить к Нильсу и слушать его!»

Тем удивительней прозвучала эта фраза для домашних, что Нильс вовсе не был красноречив. Напротив, говорил, ища по дороге слова, повторялся и не замечал, что часто обращается скорее к самому себе, чем к слушателям... Пожалуй, единственным современником, сумевшим впоследствии найти верную формулу для этой черты в его натуре, был Эйнштейн: он назвал это «внутренней загипнотизированностью Бора». А то, что подразумевал отец, означало: Нильсу будет что сказать людям, и, чувствуя это, они станут тянуться к нему.

Есть особая притягательность в достоверных признаках высокой одаренности, пусть еще и не подтвержденных предметно. Может быть, это незримое силовое поле надежды? Не оставалось тайной то, что говорилось о юноше дома и среди однокашников. И вот эта-то добрая молва об очевидной незаурядности диссертанта могла собрать по меньшей мере половину университетской толпы в час его докторской защиты.

А вторую половину любопытствующих наверняка привело в аудиторию № 3 иное притяжение. И снова — менее всего интерес к теории электронных явлений в металлах. Профессор Кристиансен, научный руководитель Бора, знал, что говорил, когда дисквалифицировал по этой теме даже самого себя — оппонента. Снова — интерес копенгагенцев возбуждало имя диссертанта, но на сей раз — интерес фамильный («династический»).

2

В столице маленького государства заслуженная известность всегда на дорогом счету у соотечественников. Если бы кто-то сказал о Нильсе — «мальчик из хорошей семьи», его тотчас поправили бы: «из замечательной!» По крайней мере три имени из семейного круга Нильса Бора значили в ту пору для копенгагенцев несравненно больше, чем его собственное. С упоминания двух из этих имен прямо и начинался репортаж в «Дагбладет». Диссертанту как бы ставилось в заслугу, что он сумел обзавестись в качестве отца профессором Кристианом Бором и в качестве брата Харальдом Бором...

...Отец оставил память по себе как ученый-физиолог европейского масштаба. Славу ему принесли изучение физико-химических процессов дыхания и волевой темперамент деятельного просветителя. Со скорбью и сожалением сознавали копенгагенцы, что газеты вынуждены были писать о профессоре Боре уже в прошедшем времени. Он внезапно скончался от сердечного приступа в феврале 1911-го, не дожив трех месяцев до события, которое так предвкушал: до превращения старшего сына Нильса из магистра в доктора философии. А Нильс, в свой черед, так любил отца, что в день его кончины с тихим отчаянием сказал невесте Маргарет Норлунд: «Давай всегда, каждый день, хоть немного разговаривать о моем отце...» Это было как заклинание: даже мысленно он не мог расстаться с отцом, как некогда не мог этого сделать другой датчанин — Гамлет... Бледность диссертанта и его безучастность к процедуре защиты, отмеченные репортерами, были печального происхождения.

В переполненной аудитории № 3 те же чувства — во всей их остроте! — разделял его брат Харальд... Внешне братья были очень схожи, а на гимназической фотографии — почти неразличимы. Разница в полтора года (Харальд родился в апреле 1887 г.) реально ощущалась лишь в их детстве. Позднее младший быстро догонял старшего. И в отрочестве они уже на равных слушали в кабинете отца научно-философические споры, когда к академику Бору приходили по вечерам трое его друзей-академиков — философ Хеффдинг, филолог Томсен, физик Кристиансен. А в юности братья-студенты на равных участвовали в философских дискуссиях университетского кружка «Эклиптика». Духовно они росли в унисон... А потом пришла пора, когда младший стал даже обгонять старшего: он раньше стал магистром, чем Нильс. И свою докторскую — по математике — Харальд защитил раньше. Сохранилось поразительное признание Нильса: «брат был во всех отношениях даровитее меня». Легкий остроумец, способный скрипач, великодушный спортсмен, талантливый исследователь, Харальд всего достигал словно бы без усилий.

Однако когда отец бывало говаривал, что истинная «достопримечательность семьи» — Нильс, младший радостно соглашался: он обожал медлительного брата. Он почитал Нильса «одним из тех, кому открыт непосред-

ственный доступ к секретам природы». А о себе при этом добавлял: «Я — никто!» Меж тем ему предстояло войти со временем в первую десятку выдающихся математиков Европы 20—30-х годов. Но это — со временем... А пока его слава была совсем другого рода.

В 1908 году на Олимпийских играх в Лондоне футболисты Дании при его участии завоевали серебряные медали, и англичане восторженно писали о лучшем хавбеке Боре — «этом привастом датчанине». И когда он защищал докторскую по теории рядов Дирихле, олимпийская сборная полным составом появилась в аудитории. Рассказывали, что стоило оппоненту начать слишком въедливо задавать вопросы Харальду, как его коллеги по мячу устраивали обструкцию топотом ног... Возможно, кто-нибудь ожидал похожего спектакля и на защите Нильса: он тоже слыл хорошим футболистом. Но выше роли вратаря в университетской сборной не поднимался. Харальд между прочим говаривал, что Нильс часто медлил с выходом из ворот навстречу мячу по причине неуместной погруженности в какие-то свои мысли. Однако все равно — высокая репутация Харальда бросала свой отсвет и на него. Слышится: «Вы знаете чей брат наш нынешний диссертант Нильс Бор?.. То-то же!» А собеседник, уязвленный подозрением в его неосведомленности, со своей стороны спрашивает, вызываясь: «Вы-то знаете, чей племянник наш диссертант?» И в свой черед прибавляет: «То-то же!»

...Мать братьев Бор Эллен была дочерью известного всем копенгагенцам Д. Б. Адлера — либерального члена парламента и неутомимого поборника прогрессивных реформ, меценатствующего банкира и энергичного политика, выходца из старого еврейского рода, давно натурализовавшегося в Дании. О красивой и кроткой Эллен Адлер школьный друг Нильса Бора написал: «Она являла собою ни с чем несравнимое воплощение бескорыстия».

Но истинной достопримечательностью семьи, говоря словами профессора Бора, была в доме Адлеров ее старшая сестра Ханна. Общественный темперамент отца унаследовала она. И ее педагогическая деятельность привлекала удивленное внимание всей Дании. Она дерзостно основала собственную школу для совместного обучения мальчиков и девочек. И досадовала только, что сделала это слишком поздно — в конце 90-х годов,

когда ее племянники Нильс и Харальд уже кончали обычную классическую гимназию и не могли подвергнуться благому влиянию ее новаторских методов преподавания. Но дома они всегда имели «под рукой» одинокую и бездетную тетю Ханну с ее нерасстраченными материнскими чувствами и неукротимым нравом.

К ее широкой известности прибавлялась слава первой женщины в Дании, получившей степень магистра по физике. Так не она ли, исполненная миссионерского духа, внушила любимому племяннику Нильсу волевое желание тоже стать физиком? Вполне вероятно. Во всяком случае в переполненной аудитории № 3 сидело немало ее преданных учеников, разделявших такую догадку о несколько необычной семейной преемственности научных увлечений — от тетки к племяннику. Так думали и школьные приятели Нильса, пришедшие на его защиту, как на торжество друга детства. Среди них издавна ходило убеждение, что фрекен Ханна Адлер «вынашивала честолюбивые замыслы» относительно Нильса, который высочайше ее ценил. А каждому было ясно: он создан, дабы стать мыслящим исследователем природы и никем другим! Тете Ханне оставалось властно уточнить: мыслящим физиком!.. Течению его жизни оставалось убедительно показать, что ее честолюбивые надежды сбудутся так же, как и предсказание отца: «люди будут приходить к Нильсу и слушать его!».

3

Через полвека — в 60-х годах — о докторской диссертации Нильса Бора было написано:

«Эту очень важную работу можно рассматривать теперь как завершающий штрих к развитию электронной теории... Бор продемонстрировал и силу и ограниченность классических представлений...»

Будущее мудрее настоящего — оно больше знает. Тогда, в 1911-м, едва ли кто-нибудь мог так оценить работу датчанина. «Завершающий штрих?». Да ведь это осознается не раньше, чем развитие завершилось. Ограниченность классических представлений?». Да, ведь это понимается не раньше, чем они исчерпают свою плодотворность и придет время новых идей.

Молодой доктор философии Копенгагенского университета, отправляясь после защиты на годичную стажировку в Англию, вовсе не думал, что для электронной

теории, а вместе с нею и для всей физики глубин материи такое время уже пришло. Он подверг критическому рассмотрению многие работы видных современников. Но как все, он еще полагал, что электроны — заряженные микрошарики, целиком подвластные законам классической механики Ньютона и классической электродинамики Максвелла. И было совершенно естественно, что для своей стажировки Бор добровольно выбрал Кембридж. Монастырские стены тамошнего Тринити-колледжа были в XVII веке ученой обителью Ньютона, а в XIX веке — Максвелла. И там в Кавендишской лаборатории всего четырнадцать лет назад — в 1897 году — открыл электрон Джозеф Джон Томсон... Мог ли Бор хоть на мгновение допустить, что его выбор окажется опрометчивым?!

Впоследствии он рассказывал историкам, что прочитал все публикации Дж. Дж. Томсона. И особенно ценил те, что посвящены были созданию модели атома. Первооткрыватель электрона, конечно, решился сконструировать атомную модель: электроны маячили перед физиками всюду, где было вещество, а стало быть, несомненно являлись детальками любого атома. Кажется, сам Дж. Дж. придумал популярный образ своей модели: атом похож на кекс: отрицательно заряженные электроны-изюминки вкраплены в положительно заряженное тесто. Оно сферически заполняет атомное пространство. Масса атома получалась размазанной по всему объему. Это и многое другое делало такую модель не очень работоспособной. Дж. Дж. все улучшал ее, но без реального успеха. Однако что-то увлекало начинающего теоретика из Дании в томсоновских статьях об электронных конфигурациях в атоме-кексе. Возможно, их изощренность. Это еще длилась в его душе студенческая юность.

Он признавался историкам, что ему нравилось в лекциях математика Тиле то, что отвращало других студентов: замудренность мышления. Тиле никогда не говорил: «Эти величины равны», но только: «Отношение этих величин равно единице».

«— Понимаете ли, — с улыбкой вспоминал бывшее 77-летний Бор, — это было интересно юноше, которому хотелось вгрызаться в суть вещей...»

Таков он был. И еще его отличало бестрепетное правдолюбие. «Вгрызавшийся в суть», он стеснительно,

но неумолимо поправлял ошибки учителей, когда был школьником, профессоров — когда был студентом. А главное, он умел обнаруживать ошибки там, где другие их не видели. И это испытал при первом же их свидании Томсон. Вместе со своей диссертацией новый стажер положил перед главою Кавендишской лаборатории статью с критическими пометками на полях. А статья была его, томсоновская. Новичок не скрыл радости, что теперь будут исправлены огрехи в прекрасной публикации!.. Через десятилетие, в начале 20-х годов, другой кавендишский новичок — Петр Капица — услышал иную версию того, что приключилось с Бором. Еще нетвердый в английском, молодой датчанин просто сказал: «Сэр Джозеф, вот тут вы написали глупость!»

Может быть, этим и объяснялось все, что произошло с Бором в Кембридже 11-го года? А беда была в том, что не произошло решительно ничего... Дж. Дж. даже не раскрыл его диссертации. И вообще не проявил к нему ни малейшего интереса. Но, конечно, это не было «ответом на нелюбезность». Бору не повезло просто потому, что он застал великого первооткрывателя электрона уже на излете. К тому времени Дж. Дж. 27 лет мягко властвовал в знаменитой лаборатории и, по-видимому, устал. Воспитавший некогда целую школу смелых исследователей, он уже в ранней старости, преждевременно — ему ведь было всего 55 лет! — втайне выдал себе охранную грамоту против критики и притязаний новых поколений:

«— Молодым людям не следовало бы высказывать всякую всячину. Я знаю о данном предмете гораздо больше, чем они, и я уже обдумал все...»

Это слова не самого Дж. Дж. Так полвека спустя обрисовал историкам тогдашнюю психологию Томсона истомившийся в Кембридже Нильс Бор. К счастью, он не слишком долго томился там ощущением бесплодно уходящего времени: с сентября 11-го до марта 12-го года... И в конце-то концов по счету всей долгой жизни Бора, быть может, не столь уж бесплодны оказались для него те шесть месяцев, если он сумел извлечь из них такой психологический урок. Ему ведь тоже предстояло стать главою замечательной школы исследователей. И неизбежно предстояло стареть. И тот опыт «кембриджского сидения» был как прививка против бед старения духовного.

Но это из числа гадательных утешений задним числом. А произошло в Кембридже еще и реально утешающее событие, вскоре определившее научную судьбу молодого Бора: там он впервые увидел Эрнеста Резерфорда.

4

Очевидно, он впервые увидел знаменитого выходца из Новой Зеландии в той кембриджской таверне, где осенью 11-го года происходил традиционный ежегодный обед кавендишевцев в честь открытия электрона. Бесспорно, самый выдающийся из учеников Томсона, 40-летний Резерфорд, и впрямь уже был тогда мировой знаменитостью. В ученых кругах знали, что это он обнаружил положительные альфа-лучи и отрицательные бета-лучи в урановой радиации. Знали и о других его успехах ранней поры. Но три года назад слава новозеландца вышла далеко за пределы ученых кругов: в 1908 году ему была присуждена Нобелевская премия за раскрытие природы радиоактивного распада. Иначе: он показал пути и законы естественного превращения элементов. Еще короче и шире: он доказал делимость атомов!

Те резерфордовские работы были знакомы Бору со студенческих лет: Кристиансен однажды поручил ему сделать обзорный доклад о радиоактивных семействах. Но, пожалуй, ничего большего об исканиях Резерфорда датчанин и не ведал в час кавендишского обеда. Томсоновцы его не просветили. Им просто не пришлось к слову говорить о последних открытиях и новых идеях своего бывшего сотоварища по лаборатории, потому что сам Дж. Дж. не питал ни сочувствия, ни даже интереса к этим идеям и открытиям. Он видел: они зачеркивали его атомную модель. Но пока еще и сами нуждались в оправдании, а потому о них можно было и помолчать...

Резерфорд приехал тогда в Кембридж из Манчестера, где с 1907 года возглавлял кафедру и лабораторию в университете Виктории. Там-то он и поставил в 1909 году исторические эксперименты. Обескураживающие своей простотой, они со всей очевидностью показали: у атомов существует положительно заряженная сердцевина — массивное атомное ядро!

Точно так же, как открытие электрона, вдохновило

Дж. Дж. на поиски возможной конструкции атома, так открытие ядра вдохновило на те же изыскания Резерфорда. Они продолжались около полутора лет. Лишь в конце 1910 года пришел день, когда он, преодолев все сомнения, решился промолгласно объявить в лаборатории: «Теперь я знаю, как выглядит атом!» Кажется, всякие сомнения были вовсе не в его натуре, отважной и прямодушной. Ученый секретарь Королевского общества недавно назвал его «львом сезона». А впереди его ждала, хоть и рискованная, но почтительная кличка Крокодил: придумавший ее Петр Капица объяснял, что сэр Эрнест, как грозный крокодил, никогда не поворачивает назад. Но то, что тогда — в Манчестере — он действительно не повернул назад, а объявил, что знает, «как выглядит атом», было воистину настоящим психологическим подвигом...

Атом увиделся ему в образе солнечной микросистемы: в центре — положительно заряженное солнце-ядро, а вокруг него — отрицательные электроны-планеты на замкнутых орбитах. Однако по всем известным к тому времени законам природы атом не имел права быть так устроен! Круговое движение вынуждало бы электроны — в согласии с Максвеллом — непрерывно излучать электромагнитные волны, а эта потеря энергии приводила бы их — в согласии с Ньютоном — к неминуемому падению на ядро... Резерфорд увидел обреченный атом. И разумеется, сам осознал это тотчас. И все-таки — как прыжок в неизвестность! — убежденное: «теперь я знаю...» Надо было только сразу же оградить детище своей интуиции от немедленного разгрома со стороны теоретиков. И в первых же строках первой статьи о планетарной модели он предупредил всех коллег:

«Вопрос об устойчивости предлагаемого атома на этой стадии не следует подвергать рассмотрению...»

Вот в чем заключалось могущество его интуиции: вопреки трезвой логике он предвидел уже другую стадию, когда для его обреченного атома теоретическое спасение найдется. Физике для этого понадобятся, очевидно, новые представления о ходе вещей в природе. Механика Ньютона и электродинамика Максвелла, по видимому, дошли до пределов своей применимости — они запрещали существовать тому, что существовало. По всем экспериментальным данным — существовало!

Сознавал ли тогда новозеландец, что он провоцировал в естествознании события с неисчислимыми последствиями? Без преувеличения — революцию!

В мае 1911 года — как раз, когда Нильс Бор защищал свою диссертацию, где «продемонстрировал силу и ограниченность классических представлений», — в том самом мае лондонский «Философский журнал» опубликовал историческую статью Резерфорда о планетарной структуре атома. Сегодня это совпадение может показаться историку знаменательным. Тогда никто не мог бы обратить на него ни малейшего внимания. Как никто не мог бы предугадать, что через полгода, в октябре 11-го, случай сведет за торжественной трапезой в кембриджской таверне манчестерского создателя планетарной модели и ее будущего компенгагенского спасителя. Впрочем, в тот час их никто даже не познакомил.

Резерфорд шумно и ярко вспоминал молодые годы в Кавендише. И о нем говорили много. Но не об его крамольной конструкции атома. Через полвека историк спросил Бора: «Был ли тогда в Кавендише хоть кто-нибудь, кто принимал атом Резерфорда всерьез?» Бор без колебаний ответил: «Нет». А он сам? А он сам к тому времени просто еще не прочел майской статьи в «Философском журнале»... Он во все глаза смотрел тогда на Резерфорда не потому, что успел увлечься его идеями. Глубокое впечатление произвела на него, как он рассказывал, сама личность манчестерца. Он почуял надежность этой силы духа.

5

Познакомились они через месяц — в ноябре 11-го года.

По долгу печали Бору надо было побывать в Манчестере: там жил ученик и друг его отца — физиолог Лоуренс Смит. Тень отца словно продолжала покровительствовать Нильсу: оказалось, что Смит и Резерфорд — хорошие друзья. И чуть ли не в день приезда Бор снова услышал покоряющий голос новозеландца, но теперь в домашней обстановке, уравнивающей гостей.

Резерфорд успел после Кембриджа побывать в Брюсселе на форуме ведущих физиков Европы. Это было важное событие. Оно вошло в историю под именем

1-го Сольвеевского конгресса. Там четыре дня обсуждалась проблема «Излучение и кванты», ставшая для физиков «источником мучительного беспокойства». Так выразился Макс Планк, пятидесятидвухлетний профессор из Берлина, где на рубеже нашего века — в 1900 году — именно он впервые произнес новый термин: «квант»!

Он произнес его нехотя. Он ввел его вынужденно. Иначе не получалось согласия между опытом и теорией в громадной области физических явлений. Возникло странное представление о неделимых порциях электромагнитной энергии. У света открылось сходство с веществом: там — атомы, здесь — кванты. Сам Планк еще осторожно уверял, что так — на отдельные порции — энергия электромагнитного поля делится лишь в актах испускания и поглощения света. Но через пять лет — в 1905-м — Эйнштейн пошел дальше: он показал, что излучение — это и вправду поток летящих в пространстве своеобразных частиц.

С этой новостью трудно было смириться. Из классической картины природы исчезала непрерывность излучения. Появлялась прерывистость в ходе самих физических процессов.

Планку открылось *существование в природе наименьшей возможной величины* физического действия — «кванта действия», *меньше которого не бывает*. Он, этот «квант действия», служит основой или масштабом пунктирной дробности для всех квантов световой энергии, а отличаются друг от друга световые кванты разного цвета только частотой электромагнитных колебаний, больше ничем. Общую им всем, предельно малую порцию физического действия Планк обозначил французской буквой « h ». Называться эта величина стала постоянной Планка. В физике появилась новая фундаментальная константа. Как ни мала она была, а все-таки нулю не равнялась. Классическая картина природы позволяла физическому действию быть сколь угодно малым, хотя бы в нашем воображении. А тут обнаружилось, что это и нашему воображению запрещено. Есть предел малости. Это-то и меняло прежний взгляд на мир. Недаром при всей своей академической сдержанности Макс Планк поэтически назвал новую фундаментальную константу «таинственным послем из реального мира»!

Как же устроен этот реальный мир? «Мы чувствуем себя в тупике», — сказал на конгрессе в Брюсселе председательствовавший Гендрик А. Лоренц — великий голландец (чьи работы по электронной теории так много значили тогда для молодого Бора). А Резерфорд рассказывал о брюссельском конгрессе «с характерным для него воодушевлением», — вспоминал Бор. Это кажется сегодня тем более удивительным, что у Резерфорда была тогда особо веская причина чувствовать себя в тупике: на конгрессе никто не заговорил об его планетарной модели атома, будто полгода назад в физике ничего не случилось. Между тем разноцветный мир вокруг и спектры в лабораториях каждое мгновение свидетельствовали, что атомы — источники квантов света. Можно ли было не обсуждать устройства этих источников или излучателей?! То молчание коллег тяготило Резерфорда, и вскоре он сердито написал в письме к старому другу:

«Я был весьма поражен в Брюсселе тем, что континентальные физики, кажется, ни в малейшей степени не интересуются формированием физических представлений об основах теории Планка. Они не утруждают свои головы размышлениями о реальных причинах вещей...»

Это звучало очень по-резерфордовски — без экивоков. Но и сверхневежливо: довольно сказать, что среди «не утруждавших свои головы» были Эйнштейн, Лоренц, Пуанкаре, Кюри... Психологически все было еще мудреней, ведь и он сам, автор, ни словом не обмолвился в Брюсселе о своей модели атома. Он остро сознавал, что она пока оставалась теоретически незащищенной. Ему нечем было бы ответить на уничтожающую критику. Не оттого ли он так осердился на «континентальных», что увидел: никто из них за полгода и не попытался вникнуть в его модель и защитить ее?! Почему же навсегда запомнилось Бору воодушевление в голосе новозеландца, когда за дружеским столом у физиолога Смита он говорил «о новых перспективах развития физики»? Тут все дело было в складе натуры и мышления.

Наш академик Лев Ландау однажды сказал, что резерфордовский атом был такой же катастрофой для классической физики, как и планковский квант действия... Но Резерфорд жил не с чувством тупика, а с чувством дороги. Им владели нетерпеливые надежды и ве-

ра в свою правоту. И он всегда умел заразить оптимизмом ближнего. В те первые часы знакомства с молодым Бором он, конечно же, не мог рассчитывать, что именно этот безвестный датчанин захочет «утруждать свою голову». И Бор не мог вызвать его на разговор о планетарной модели — просто по незнанию предмета. Зато квантовые проблемы были уже хорошо знакомы Бору. Может быть, это-то сразу и оценил Резерфорд? А сверх того еще пленился бьющей в глаза искренностью датчанина. Его серьезностью. Честностью. И воодушевленностью сверх той, которую сам же ему внушил...

Так или иначе, но когда Бор несмело попросил главу манчестерской лаборатории взять его к себе для продолжения стажировки, Резерфорд тут же согласился... 18 марта 1912 года Бор переехал в Манчестер.

Так свела их жизнь. Или, если угодно, история. А свела она их для того, чтобы две катастрофы — планковский квант и резерфордовский атом — породили единый взрыв понимания, дабы перед физиками проявилось кое-что существенное в реальных причинах вещей.

6

Когда пять десятилетий спустя историки спросили Бора, как он отнесся к планетарной модели, познакомившись, наконец, с ней, он убежденно ответил: «Я поверил в нее тотчас!» Но, стало быть, он тотчас поверил и в другое: обоснование устойчивости такого атома можно найти! И он стал его искать...

Легко представить масштаб озабоченности его ищущей в потемках мысли. Он с юности любил повторять: «На свете есть столь серьезные вещи, что говорить о них можно только шутя». Вот и тут возникал вопрос столь грандиозный, что не шутя его могли бы задавать только натурфилософы и дети: как получается, что этот мир, состоящий из атомов, вообще существует? И существует вполне надежно. И ведь довольно давно. И, судя по всему, не собирается, съезжившись, вдруг исчезнуть — сбиться в бесформенную кучу атомных ядер с упавшими на них электронами... Иными словами, проблема устойчивости планетарного атома оборачивалась проблемой устойчивости атомных размеров. А чем задавались эти размеры? Конечно, не ядром, но протя-

женностью роя электронов, вращающихся вокруг ядра.

Наверное, эти размеры изменчивы. Однако должны же существовать минимальные, такие, что уж приблизиться дальше к ядру электронный рой не способен! Какие тут скрываются законы природы, раз уж классические описать этого явно не могут?

...В резерфордовской лаборатории все трудились молча и деятельно: шеф не выносил праздных словопрений. Но в час после полудня все собирались на чаепитие в физпрактикуме и там выговаривались досыта. Почти все работы и все споры вертелись, как правило, вокруг планетарного атома. Бор — новичок — слушал и думал. Иногда поражал манчестерцев тонкостью понимания неожиданных следствий из модели Резерфорда. И шеф начал прислушиваться к нему... Был день, когда другой новичок — радиохимик Дьердь Хевеши — затеял разговор об электронах, составляющих бета-лучи радиоактивных элементов. Он спросил: откуда они приходят — из электронного роя атома или из недр атомного ядра? Ко всеобщему изумлению, Резерфорд ответил: «Спросите у Бора». Для тихого датчанина то была счастливейшая минута на английской земле: ненужный Томсону, он оказался нужным атомной физике!

Но ему самому не у кого было спросить: отчего существует этот вещественный мир? Спасительных для классически обреченного атома новых идей никто в Манчестере не выдвигал. Оставалось думать и гадать наедине... Он не отметил ни в письмах к брату Харальду, ни в письмах к невесте Маргарет точной даты, когда у него возникла мысль-предчувствие, что есть глубинная связь между двумя «минимальностями» в природе:

— существованием наименьшей величины для размеров электронного роя в атоме, меньше которой они стать не могут,

— существованием наименьшей величины для физического действия, меньше которой не бывает.

Много-много лет спустя в мемориальной лекции памяти Резерфорда Бор припомнил, не уточняя даты:

«В раннюю пору моего пребывания в Манчестере, весной 1912 года, я пришел к убеждению, что строение электронного роя в резерфордовском атоме управляется квантом действия — постоянной Планка h ».

Путь от гадательного убеждения до убедительной теории непредсказуем. Исследователь может его и не

пройти. Вот ведь жило в Резерфорде убеждение, что планетарный атом устойчив, а верной дороги к цели отыскать он не сумел. Нетрудно вообразить, сколько тупиковых троп проследил он до конца — при его-то воле и упорстве! Но успех от него ускользал...

Исходная идея Бора — о решающей роли кванта действия — была такой плодотворной, что, казалось бы, сразу могла привести к цели. Однако так это видится только на расстоянии. Он выбрал верное направление, но дороги туда еще никто не прокладывал. Он должен был торить ее сам. И она оказалась длиною в год. Было все, что бывает с первопроходцами: успешные броски вперед, топтание на месте, возвращения вспять. И лишь оптимизм его всю дорогу оставался неизменным. И не сужалась намеченная им программа: вместе с устойчивостью планетарной модели дать объяснение «свойств материи, зависящих от системы электронов в атоме».

Тот памятный год в жизни Бора (и в истории физики) почти поровну поделится между Англией и Данией. После манчестёрского старта в марте 12-го года — копенгагенский финиш в марте 13-го. А посредине — хитросплетенная мозаика жизни и творчества...

Завершение заграничной стажировки за счет мекленбургского фонда прославленной Карлсбергской пивоварни... Женитьба на двадцатидвухлетней Маргарет Норлунд, сестре двух его давних друзей, математика и историка... Свадебная поездка по Шотландии... Памятная записка Резерфорду с первым наброском будущей теории, совсем еще неудовлетворительным... Ассистентские обязанности на кафедре физики, немилые его сердцу и отвлекавшие от главного труда... И полные сосредоточенности зимние вечера в маленькой квартире на Сент-Якобсгеде, 3... — совсем нелишний для истории естествознания адрес, потому что оттуда-то он и вправе был выскочить однажды на улицу и пуститься к людной площади Трех углов с ошалелым, архимедовым, вечным криком познания — «эврика!» (нашел!).

Правда, скандинавская сдержанность выскочить на улицу ему не позволила, да и холоден был вечер 7 февраля. Но, диктуя Маргарет письмо к манчестерскому другу-ровеснику Дьердю Хевеши, он позволил себе в тот вечер взбалмошную фразу — вводную, меж двух

тире, самым стилем выдававшую его с головой, слишком шумную, слишком пылкую даже для его оптимизма:

«— и надежда, и вера в будущее (может быть, совсем близкое) огромное и непредвиденное?? расширение нашего понимания вещей —».

Только два внезапных вопросительных знака, поставленных точно в горячке, умеряли пыл этой фразы. А во всем тексте письма чувствовалась еще и неопытность Маргарет за пишущей машинкой: скакали абзацы и неровными были поля. И ощущалось, что она вместе со своим Нильсом переживала его взбудораженность... Очевидно, что-то крайне существенное случилось в тот день или в те дни начала февраля 1913 года.

7

А случилось так, что на той неделе в историю физики на минуту заглянул, сам того не ведая, университетский сокурсник Бора — спектроскопист Ханс Хансен. Они давно не виделись. Встретились непреднамеренно. Как водится, осведомились — кто чем занят. И конечно, Нильс заговорил не о рутине ассистентских дел, а о тревогах своей ищущей мысли. И Хансен вдруг с надеждой спросил: «А как твоя теория объясняет спектральные формулы?» «Спектральные формулы?» — с недоумением переспросил Бор.

Через полвека в беседе с историками, улыбаясь быломu, Бор повторил признание, удивившее его приятеля: «Я ничего не знал ни о каких спектральных формулах». (Так дети говорят: «а у нас этого не проходили».)

— Тебе необходимо посмотреть эти формулы. Ты увидишь, с какой замечательной простотой они описывают атомные спектры! — наставительно сказал Хансен.

— Я посмотрю... — смиренно согласился Бор.

Психологически интересно, что он пообещал это только из вежливости. Не зная спектральных формул, он знал, как выглядят атомные спектры: частоты отдельных линий строго определенного цвета — у каждого химического элемента свои. Красива была их линейчатая регулярность, но разве могли они что-нибудь обещать для решения проблемы устойчивости атома?

«Они воспринимались так же, как прекрасные узоры на крыльях бабочек, — объяснял он позднее, — их красотой можно было восхищаться, но никто не думал, что регулярность в их окраске способна навести на след фундаментальных биологических законов».

Все же он выполнил свое обещание Хансену... Были снежные сумерки. Письменный стол. Зажженная лампа. Немецкая книга «Принципы атомной динамики», раскрытая на нужной странице. Он увидел формулу для набора спектральных линий водорода — формулу Бальмера... И в ту же минуту той немецкой книге суждено было навсегда устареть!

То была минута научного откровения. Это излюбленное психологами творчества слово «откровение» Бор сам произнес в беседе с историками — так он почувствовал происшедшее. А его ассистент в 30-х годах и младший друг Леон Розенфельд засвидетельствовал:

— Он говорил мне не раз: «как только я увидел формулу Бальмера, все немедленно прояснилось передо мной».

Эта формула потрясла его своей элементарностью. Легкий примерчик из алгебры — не больше. Из одной величины — *переменной* — вычиталась другая — величина — *постоянная*. И только! А это позволяло шаг за шагом узнавать частоты электромагнитных колебаний в разноцветном наборе спектральных линий водорода. *Постоянная* величина оставалась неизменной для всех линий. А *переменная* менялась от линии к линии действительно шажками: следовало лишь подставлять в нее вместо «*x*» *целые числа* — по очереди... Хансен был прав: водородный спектр описывался с изумляющей простотой. Стоило в формулу Бальмера подставить число 3, и получалась световая частота красной линии. Число 4 давало зеленую линию. Число 5 — синюю. Число 6 — фиолетовую. Для последующих целых чисел линии уходили в ультрафиолетовую область спектра, глазом не различимую... Этот закономерный набор частот (или длин волн) так и назывался у спектроскопистов «*бальмеровской серией*».

Бор не знал тогда, что он, двадцативосьмилетний, был точным ровесником поразившей его формулы: швейцарский учитель Иоганн Бальмер опубликовал ее в 1885 году, ничего не ведая — как, впрочем, и все его современники — ни об устройстве атома, ни о существовании квантов света. У него была в руках корот-

кая табличка данных о частотах колебаний в спектре водорода. Было долготерпение. Был талант к манипулированию с числами. Так он и вывел свою формулу, манипулируя... С тех пор на протяжении почти трех десятилетий тысячи глаз видели в ней знак «минус» и череду целых чисел, но никто не сумел разглядеть за этим ничего физически примечательного. Что же увидел Бор, чья мысль уже почти год не разлучалась с квантом действия — постоянной Планка « h »?

Для него было так естественно сразу же мысленно обручить квант действия со световыми частотами линий водородного спектра. Формула Бальмера для частот тотчас стала в его глазах формулой для квантов световой энергии, излучаемых водородом. И он в то же мгновение просто *увидел*, как рождаются кванты: всякий раз из большей величины — переменной — вычитается меньшая — постоянная, а было прозрачно ясно, что это за величины. Большая — энергия атома *до* испускания кванта. Меньшая — энергия атома *после* испускания. Любая порция чего угодно задается такой арифметикой: от того, что *было*, отнимается то, что *осталось*, а разность — то, что *ушло*, отчалило, улетело, излучилось. Разность — *квант*.

Но не эта тривиальная арифметика взбудоражила всю его настрадавшуюся за год сосредоточенность, а удивительные особенности обеих величин в формуле рождения квантов. Тут приоткрывалась неизвестная прежде физика! В самом деле...

Вот первая величина — большая — переменная — энергия атома *до* излучения. Она зависит от смены *целых* чисел. Ей приходится меняться *прерывисто* — от кванта к кванту. А это значит, что энергия атома не может иметь любое значение. Есть пунктирная череда возможных значений. Классика с такою странностью не сталкивалась!

И вот вторая величина — меньшая — постоянная — энергия атома *после* излучения. Она остается одной и той же, какой бы квант ни покинул атом. Ее постоянство говорит: в атоме есть самый низкий уровень энергии, такой, что меньше она уже стать не может. Классика не сталкивалась и с подобной странностью!

Эту картину хорошо отражал образ лестницы с нижней площадкой и поднимающимися вверх ступенями.

Бору в тот февральский вечер 13-го года привиделась лестница *разрешенных природой уровней энергии* в атоме. В простейшем — водородном — атоме только один электрон вращается, как планета, вокруг ядра. И кроме этого электрона, там некому быть строителем такой энергетической лестницы. И кроме его планетных орбит, там нечему служить ступенями этой лестницы. В духе модели Резерфорда лестница разрешенных уровней энергии увиделась Бору как паутина дозволенных природой орбит. Чем дальше орбита электрона от ядра, тем выше энергия атома. В общем так:

- в формуле: чередой целых чисел,
- в атоме: чередой электронных орбит.

И уж просто логически получалось, что на каждой из этих каким-то неизвестным законом выделенных и как бы самой природой перенумерованных орбит движущийся вокруг ядра электрон сохраняет неизменной свою энергию. Короче, не излучает! А вот когда по какой-нибудь причине он падает с такой орбиты вниз — поближе к ядру — и его подхватывает нижняя разрешенная орбита, происходит испускание кванта световой энергии. И ясно: величина улетающего кванта зависит от глубины падения электрона — от разности уровней энергии в начале и в конце его скачка. Чем больше эта разность, тем крупнее порция излученного света, тем выше в ней частота колебаний. Тем дальше спектральная линия уходит к фиолетовому — высокочастотному — концу спектра...

...Все это, открывшееся в минутном озарении, еще не потребовало от Бора никаких вычислений. Но невольно потребовал ответа вопрос: какое же отношение к частоте излучения имеет частота обращения электрона вокруг ядра? Получалось, что никакого прямого отношения не имеет, раз уж он на своих устойчивых орбитах вообще не излучает света.

Сегодня уже трудно оценить всю рискованность того отказа от казавшегося незыблемым наглядного представления: с какою периодичностью движутся заряды в излучателе, с такою частотой и уходит в пространство радиация. Этого убеждения держались все — от Максвелла и Герца в XIX веке до Планка и Эйнштейна в XX. А теперь рождение квантов окончательно выводилось из-под опеки классических законов!

Он убеждался в этом снова и снова, когда стал, по выражению Леона Розенфельда, «терпеливо поворачивать в своем мозгу» и другие спектральные формулы. Особенно — последнюю по времени — самую обобщенную — формулу Вальтера Ритца. Она называлась «комбинационным принципом»: линии в любых спектральных сериях вычислялись из комбинации двух величин, связанных знаком вычитания. И новым было лишь то, что обе величины, и большая и меньшая, зависели от поочередной смены целых чисел. Уже без затруднений открывался физический смысл этой новости: значит, кванты света могут рождаться при перескоках электронов с любой высокой орбиты на любую нижнюю — не обязательно на самую нижнюю. Природа доказывала щедрую содержательность своих правил: вся многоцветность мира описывалась единообразно — квантовыми скачками в атоме.

Ну, а само существование этого многоцветного мира — его устойчивость — как объяснялась она? Еще вчера загадочная, она стала вдруг совершенно очевидной. Спектры показали: в прерывистой последовательности разрешенных уровней энергии атома есть один, отличный от всех остальных. Это уровень с *наименьшей* энергией. Он — как первый этаж в современных небоскребах на сваях, придуманных Ле Корбюзье: между этим первым этажом и землей — просвет, где поселиться нельзя. Так, ниже первой орбиты — ядро, и поселиться ниже ее электрону негде. Некуда падать. Он может вращаться на ней *сколько угодно!*

Это и было то, что с весны 12-го года искал молодой теоретик, поверивший в планетарную модель. Радиус первой — ближайшей к атомному ядру — планетарной орбиты давал *размер атома* в устойчивом состоянии.

...Через полвека Бор рассказал историкам физики:

«Итак, я увидел путь рождения спектров. Тогда я отправился к Хансену и сказал: посмотри, разве дело обстоит не так?.. А он ответил, что не знает, так ли это...»

Естественно! Еще никто на свете, кроме Бора, не знал, что это так. Но раньше, чем Хансена, ему бы следовало оповестить Резерфорда о спасении планетарного атома, не правда ли? Однако письмо в Манчестер он написал только через месяц — 6 марта 1913-го. Почему

он медлил? А потому что тут уж следовало сначала пройти весь путь от будоражащего озарения до трезвой теории. Путь от образов к формулам.

8

Создать теорию означало рассчитать структуру хотя бы простейшего атома — ядро плюс один электрон. То, что сам он назвал откровением, одарило его мысль двумя постулатами:

— на орбитах электрон не излучает энергии; там он подобен обычной планете, и потому можно допустить, что там верна классическая механика;

— излучение происходит порциями одной частоты колебаний, и эти кванты электромагнитного поля рождаются при переходе атома скачком из одного состояния устойчивости в другое; тут верна квантовая теория.

Остальное было делом логики, математики и бессонного труда. Он вычислял и думал вслух. Маргарет секретарствовала. Не гасла лампа на письменном столе. Эллен Бор и тетя Ханна три воскресенья подряд напрасно ждали с визитами молодых супругов. Они работали три недели, как отшельники. И бывали часы, когда торжество успеха переполняло обоих. Даже гуманитарная Маргарет («Ах, я ничего не понимала в физике!» — говорила она историкам и автору этих строк) сполна оценила свершившееся, когда ее Нильс, выведя формулу для электронных орбит, получил размер водородного атома порядка стомиллионной доли сантиметра — 10^{-8} см! Физики по косвенным данным уже получали такую величину, а теперь — впервые! — она была выведена прямо из теории атомной структуры... Такие радости приносил Бору едва ли не каждый день того трехнедельного теоретического марафона. Но была среди них одна совершенно особого свойства.

Это — когда он увидел, что в его теории, как в самой природе, не возникало пропасти между микро- и макромирами... Формула для прерывистой череды перенумерованных уровней энергии атома показывала сверхважную закономерность: чем выше поднималась над ядром энергетическая лестница, тем менее крутыми становились ее ступени. Иначе: чем дальше от ядра, тем меньше разрешенные уровни отличались от соседних и тем плотнее делалась паутина дозволенных орбит. Или еще так: при удалении к периферии атома квантовые

скачки все уменьшались и переходы между стационарными состояниями атома все заметнее походили на непрерывное изменение энергии. Лестница превращалась в пологий пандус. Из-под власти квантовых законов атомный электрон неотвратно поступал в распоряжение классических. Микромир естественно переходил в макромир. Несмотря на странные квантовые скачки, единство природы не нарушалось! Это было равно дорого Бору-физику и Бору-философу (а философ пробудился в нем рано и жил всегда).

Такая закономерность действительно была сверхважной, даже чисто практически. И она заслуженно получила с годами громкое имя — «Принцип соответствия». Все дело в том, что по следу Бора этот принцип помогал теоретикам отыскивать в глубинах материи все новые зависимости. Они руководствовались надеждой на доказанное сходство — «на соответствие» — между искомой квантовой картиной какого-нибудь явления и похожей на нее в пределе, уже знакомой издавна, картиной классической. «Волшебная палочка Принципа соответствия», — говаривал известный немецкий теоретик Арнольд Зоммерфельд.

Но это потом. А тогда, в 1913-м, славное будущее Принципа соответствия еще лежало в тумане. Оно лежало в тумане истории знаменитой «копенгагенской школы» Нильса Бора, откуда еще не зародившейся: ей предстояло возникнуть лишь через три года. А пока... А пока молодому датчанину больше всего на свете хотелось узнать, что подумает о найденном спасении своего атома манчестерский Папа (как почтительно и сердечно называли Резерфорда преданные выходцы из его школы).

Папа ответил через две недели, дав себе время подумать.

Манчестер, 20 марта 1913.

Дорогой д-р Бор

...Ваши взгляды на механизм рождения водородного спектра очень остроумны и отлично разработаны. Однако сочетание идей Планка со старой механикой делает весьма затруднительным физическое понимание основы такого механизма. Мне кажется, что есть серьезный камень преткновения в Вашей гипотезе: ...как решает электрон — с какою частотой должен он колебаться, когда происходит переход из одного стационарного состояния в другое? Мне кажется, Вы будете вынуждены допустить, что электрон заранее знает, где он собирается остановиться...

Беспощадно пронизательным было физическое мышление Резерфорда. Скачки электронов и вправду выглядели пока что мистически. Ведь величина кванта — его частота — зависела от глубины падения электрона в сторону ядра. А потому в момент *начала* скачка уже все определял его *конец*: «по дороге» частота излучаемого света меняться не могла — квант всегда одноцветен. Да, паутина разрешенных орбит предлагала электрону на выбор много возможностей, но одну из ниже лежащих орбит он должен был как бы облюбовать заблаговременно, чтобы знать порцию какого света — зеленого, красного, синего, а то и невидимого — он излучит. Возникало подозрение, что электрон был вправе принимать свободное решение о размахе своего скачка, не так ли?

Это ли могло не смутить здравый физический смысл?! Под угрозой оказалась сама логика науки, не меньше. Резерфорд написал Бору в том письме: «Я не сомневаюсь, что Вы полностью сознаете это». И не ошибался. Но у Бора выбора не было («в отличие от электрона» — мог бы он пошутить)! Да ведь совершенно так же не было выбора у самого Резерфорда, когда два года назад, в 1911-м, он предложил ученому миру классически невозможную планетарную модель... Новозеландец тогда положился на будущее — оно выручит. Теперь оставалось положиться на будущее датчанину.

Манчестерский Папа понял и это. Помеченная датой — 5 апреля 1913 г. — первая часть исторической Трилогии Нильса Бора «О конституции атомов и молекул» ушла в редакцию «Философского журнала» с благословляющим напутствием члена Королевского общества в Лондоне профессора Эрнеста Резерфорда.

...«Кусочком реальности» назвал скромнейший Бор то небывалое, что природа в ту пору открыла его проникновенной мысли.

Глава вторая.

ГОДЫ, КОГДА СБЫВАЛИСЬ НАДЕЖДЫ

1

Была середина июня 1922 года. Приближались дни летнего солнцестояния. Цвели сады, и небо не гасло. Старинный немецкий «город математиков» Геттинген

жил в своих университетских кварталах праздничной жизнью, словно в резонанс с природой. Выплеснулись из аудиторий на тротуары тихих улочек многоголосые споры. Словесные дуэли оглашали зеленые скверы. Студенты, начинающие ученые, маститые профессора всюду дискутировали, казалось, на равных — так ново бы-



ло то, о чем шла речь... Происходившее кто-то весело назвал «Фестивалем Бора». А в официальной программе его выступлений значилось: «Семь лекций по теории атомной структуры».

...Это выглядело так, будто не физик-теоретик увлек геттингенцев сугубо научными сообщениями, а художники-новаторы Пабло Пикассо и Владимир Татлин привезли свои выставки или поэты-новаторы Владимир Маяковский и Поль Элюар давали вечера поэзии, или новаторы-режиссеры Всеволод Мейерхольд и Эрвин Пискатор прибыли с гастрольями, или новаторы-музыканты Арнольд Шенберг и Игорь Стравинский явились с концертами...

Все, прежде неизвестное в искусстве, чему предстояло со временем превратиться в классику XX века, покуда еще дразнило здравый смысл и отпугивало воспитанное традициями воображение. Так и лекции Нильса Бора тоже несли на себе печать вулканической эпохи войн и революций: основное в этих лекциях представлялось алогичным и непонятным, второстепенное — неустоявшимся и спорным, а то и другое вместе — странно убедительным и влекущим. Осталось свидетельство очевидца...

В один из вечеров группа физиков собралась в пансионе, где остановился Бор. Пили настоящий кофе, что было дорогостоящей редкостью в побежденной Германии даже через четыре года после окончания мировой войны (той первой мировой войны 1914—1918 годов).

«...Геттингенцы жаловались на утро, что хороший кофе лишил их сна. Помню, и я не спал, но меня лишили сна идеи Бора. Думаю, что это же было истинной причиной бессонницы и наших немецких коллег».

Так рассказывал о тех днях ассистент Бора — выходец из Швеции — Оскар Клейн... Да-да, у д-ра Нильса Бора был уже ассистент. И даже не единственный. Наш датчанин приехал на свой «геттингенский фестиваль», уже имея за плечами шестилетнюю профессию в Копенгагенском университете. Он приехал, уже обладая директорской властью в только что созданном его стараниями самостоятельном Институте теоретической физики, расположившемся на опушке прекраснейшего из парков датской столицы. Он приехал, уже вооруженный признанием его неоспоримого лидерства в квантовой физике атома. Он приехал, уже обремененный, наконец,

скрытыми заботами своего научного отцовства: с возникновением его института на Бледамсвей начало быстро расти интернациональное содружество его учеников и сотрудников, среди которых, кроме Клейна из Швеции, были к той поре голландец Антони Г. Крамерс, немец Джеймс Франк, норвежец Свен Росселанд, венгр Дьердь Хевеши, датчанин Якоб Якобсен...

Словом, как принято говорить, немало воды утекло под мостами за девять лет, прошедших с того 1913-го, последнего предвоенного года, когда одна за другой появились в печати все статьи его Трилогии об устройстве атомов и началась новая эра в изучении микромира.

2

Эта эра началась на трагическом фоне бесчеловечного хода мировой истории. Вспыхнув летом 14-го года, та беспримерная война империй во имя корыстного передела карты Европы — империалистическая война — скоро втянула в «эпидемию смерти» тридцать три государства. Бору, молодому и здоровому, то есть вполне пригодному для того, чтобы быть убитым, посчастливилось «принадлежать к нации, слишком маленькой, дабы совершать большие глупости», как выразился в то время Лоренц. Дания сохранила нейтралитет. И это помогло Бору сохранить жизнь, а физике — сохранить Бора... Он мог почитать себя счастливым вдвойне. И даже втройне. Война была не только эпидемией смерти — она была эпидемией разлук: отлучала людей от семьи и от дела их жизни. С Бором не случилось ни той ни другой беды.

В разгар войны — в 1916-м — Маргарет принесла им их первенца Кристиана Альфреда, а на исходе войны — в 1918-м — еще одного сына Ханса Хенрика (второго из пяти мальчиков, которых им суждено было иметь). Словно в противовес тревогам и неуверенности тех лет, род Бора прочно утверждал себя на земле. И это было отражением его всегдашнего доверия к будущему — его исторического оптимизма... Хорошо, что он не знал, какие испытания оптимизма ему еще уготованы!

С таким же доверием к будущему утверждал он в те бедственные годы и права своей науки на жизнь. Резерфорд тогда громогласно уверял в Манчестерской лаборатории, что «этой чертовой войне не удастся оста-

вить физику в дураках». По примеру Папы, Бор в Копенгагене делал все, чтобы это оказалось правдой. И главное, чтобы это оказалось правдой для физики квантовой. Для науки самой незрелой, проблематичной и практически бесполезной по тем временам, когда еще не занималась даже предрассветная заря атомного века... И другие — те, кто сразу принял за «краешек истины» квантовые постулаты Бора, — со своей стороны делали все, чтобы развить его теорию. Таких было, правда, еще не слишком-то много, но многое обещали их успехи!.. И особенно те, каких достиг в военные годы уже немолодой, мобилизациям не подлежавший и не угоревший в чаду германского национализма мюнхенский профессор Арнольд Зоммерфельд.

...Он увидел, что атом — еще более *квантовая* вещь, чем это открылось Бору.

Лестница уровней энергии... Бор сознавал, что понял ее структуру лишь в общих чертах. Как бы невооруженным глазом он сумел различить на этой лестнице только главные ступени. И ввел для их пересчета последовательность целых чисел. В терминах физики: ввел в теорию атома *квантовое число*. Но спектры — эти многоцветные ведомости по расходу электромагнитной энергии атома — обладали тонкостями строения. Основные линии могли расщепляться на несколько близко соседствующих: на дуплеты, триплеты, мультиплеты, как говорили спектроскописты. (Расщепление под действием электрического поля носило название эффекта Штарка, под действием магнитного — эффекта Зеемана.) На языке теории Бора это означало, что главные ступени энергетической лестницы сами превращались в маленькие лесенки. Обнаруживались неучтенные наборчики новых — тоже разрешенных — уровней энергии. Раскрывались новые варианты квантовых скачков... Все это ускользнуло от пересчета с помощью квантового числа Бора.

Так, достаточно одной череды целых чисел для нумерации домов вдоль улицы, но если они многоэтажны, надобна еще одна целочисленная череда для пересчета этажей, а там и третья — для учета квартир... Введение новых квантовых чисел в теорию атома внешне походило на такую административную заботу об уточнении адресов. В сущности, это и было распознаванием возможных адресов электронов на их орбитах в атоме.

Зоммерфельд создал как бы математическую лупу для разглядывания тонкой структуры спектров или — тонкостей квантового строения атомов. Он нашел способ ввести сверх главного числа Бора еще и «внутренние квантовые числа», как он их называл... И едва его статьи добрались через военные кордоны до письменного стола датчанина, как тот отозвался словами благодарности и восхищения. И Эйнштейн написал мюнхенцу:

«Ваши спектральные исследования принадлежат к разряду самого прекрасного, что я пережил в физике».

Это было сродни тому, как он *пережил* до этого исходную теорию Бора: «Высшая музыкальность в области теоретической мысли», — написал он о ней однажды.

...Эйнштейн, в свой черед, делал все, чтобы «чертовой войне не удалось оставить физику в дураках». В отличие от Бора, уже начавшего растить в те годы свою школу, он, как всегда, работал в одиночку. Но не в одиночестве! Радостно общительной была его мысль: недаром же она умела «переживать», как чувства, идеи и формулы. И хотя познакомился он с Бором позднее — только в послевоенном голодном Берлине 20-го года, — датчанин уже в годы войны стал его постоянным духовным собеседником на расстоянии. Вдохновляющие отзвуки этих неслышных бесед Бор явственно услышал в двух важных статьях Эйнштейна, написанных в 16-м году. В одной из них, кстати сказать, той, что дала со временем начало теории лазеров и мазеров, Бор прочитал о своем постулате квантовых скачков:

«...Ныне можно утверждать, что он принадлежит к числу надежно установленных основ нашей науки».

Эйнштейн провел тогда параллель между испусканием квантов и радиоактивным распадом атомов: и то и другое совершалось самопроизвольно. И тут и тамгодились для описания статистические законы: ничего не зная о причинах квантовых скачков, можно было утверждать, что рождение разных квантов происходит с разной вероятностью. Об этом прямо свидетельствовала неодинаковая яркость линий в спектрах. Если в спектре натрия ярче всего светилась линия желтая, это означало, что «желтый скачок» наиболее вероятен и в массе возбужденных пламенем горелки атомов натрия большинство возвращается в нормальное состояние с излуче-

нием «желтого кванта»... Эти вероятности квантовых переходов Эйнштейн сумел плодотворно ввести в теорию излучения. И Бор мог со счастливым чувством убедиться в жизнеспособности его идеи квантовых скачков. Но в заключительных словах работы Эйнштейна Бору встретилось кое-что, затуманившее первоначальную радость...

3

Суть в том, что параллель между испусканием квантов и радиоактивным распадом была для Бора сама по себе не нова. Ему случилось проводить такую параллель еще в марте 13-го года, когда он должен был хоть как-то ответить на недоумение Резерфорда по поводу «свободы выбора» у электрона — на какую нижнюю орбиту перескочить, какой квант излучить в пространство? Одно из явлений радиоактивности очень пригодились Бору для ответа. Оно называлось «отношением ветвления».

Иные из элементов распадались двояким путем. Так, малая доля атомов радия-С претерпевала альфа-распад, превращаясь в атомы таллия. А большая доля переживала бета-распад, порождая атомы полония. В совершенно одинаковых условиях ядра радия-С «заранее решали», какую выбрать судьбу — испустить ли альфа-частицу или бета-электрон.

«— Я сказал Резерфорду, что это («свобода выбора» у излучающего электрона. — Д. Д.) как «отношение ветвления» при радиоактивном распаде».

Так, в 1961 году старый Бор цитировал себя молодого, когда рассказывал московским физикам о той поворотной поре в познании микромира. Он добавил, что «Резерфорда это не убедило»... Легко понять, почему не убедило. Параллели не объясняют непонятного, а лишь делают его рельефней. И при том ценой удвоения: тут к непонятности «свободы выбора» у электрона прибавлялась такая же непонятность «свободы выбора» у ядра. Ответ молодого Бора был не физическим, а психологическим: зная, что странный феномен в радиоактивности давно уже стал привычен Папе, можно было питать надежду, что он примирится и с квантовым феноменом того же свойства. Примирение действительно произошло: Резерфорд благословил статью Бора. Но недоумение не рассеялось... Оно и не могло «рассеять-

ся» — слишком легковесен этот глагол: тут ставилась на карту традиционная «философия природы», освященная веками.

...В разных сферах жизни атома — в поведении ядра и в поведении электронов — проступала общая черта: существование набора возможностей, разрешенных природой, вместо одного-единственного варианта. Это противоречило классическому ожиданию одинакового поведения в одинаковых условиях. Это противоречило требованию однозначности хода физических событий. Другими словами, это противоречило классическому пониманию причинности. Вот на что сразу же посягнула теория Бора и вот что сразу же распознал Резерфорд! И распознав, вовсе не готов был с этим согласиться.

А Бору, хоть он еще и не высказывал этого с полной определенностью, природа уже тогда стала представляться вероятностным миром — миром вероятностных, а не строго однозначных закономерностей... Вспомнил ли он в 16-м году о том предвоенном разговоре с Папой, когда читал статью Эйнштейна, где впервые в теорию вводились вероятности квантовых скачков? Право же, не мог не вспомнить. Эйнштейн прямо выражал сожаление, что вместе с вероятностями квантовых скачков в теорию внутриатомных событий проникает *случай*. И полагал, что случаю там предоставляются слишком большие права. Он объявил это *слабостью* собственных построений! И понадеялся, что раньше или позже все вернется на круги своя — к старому идеалу описания физических событий.

Это означало, что расставаться с классической однозначной причинностью Эйнштейн не собирался. Подобно Резерфорду, он мог бы сказать, что «это», то есть позиция Бора, его ни в чем не убеждает... И Бор, с воодушевлением ощутив Эйнштейна своим деятельным союзником, вместе с тем, как три года назад в истории с Резерфордом, понял, что у их единомыслия есть предел.

4

Круг идей, обрекших на бессонницу стольких коллег Бора в дни геттингенского «фестиваля», включал все трудности, какими бедствовала его ищущая мысль в предшествующие военные и послевоенные годы... В 1919 году его близким другом стал близкий друг Эйнштейна,

обосновавшийся в Голландии Пауль Эренфест (до войны он жил в России, и петроградские физики очень любили живые семинары «нашего Павла Сигизмундовича»). Его душевная отзывчивость располагала к доверчивости. И однажды Бор написал ему о своих научных исканиях, как о «мыслях, лежащих на сердце», — так звучала немецкая идиома. Эту черту, — да нет, пожалуй, больше чем черту, эту гармонию ума и сердца, — пронизательно уловил в натуре Бора Эйнштейн при первой же их встрече весной 20-го года:

«Я многому научился у Вас... — написал он Бору той же весной, — и главным образом тому, как можно и нужно вкладывать в рассмотрение научных вещей всю полноту чувств».

Не эту ли *полноту чувств* имел в виду сам Нильс Бор, когда говорил своему ученику и младшему другу Вольфгангу Паули, что за увлечением физикой у него, у Бора, «скрывается не столько интерес математика, сколько художника и философа»? А учеником Бора необыкновенно одаренный Паули стал как раз во время геттингенского «фестиваля». Ровеснику века, ему было тогда двадцать два года. Но за ним уже числился ряд самостоятельных научных работ. Он вышел из мюнхенской школы Зоммерфельда, а теперь был ассистентом видного геттингенского теоретика Макса Борна. Почувыв силу и критическую остроту его ума, Бор пригласил Паули в Копенгаген. Юноша работал ночами и ложился спать, когда другие вставали, но в дни «фестиваля» вскакивал ни свет ни заря, чтобы не пропустить ни слова в рано начинавшихся лекциях датчанина.

...Крупнейшим из послевоенных достижений Бора явилось к той поре квантовое истолкование Периодической системы Менделеева. Об этих-то «мыслях, лежащих на сердце», писал он Эренфесту в Лейден два года назад. Они вызревали медленно и были головоломны. Оттого головоломны, что он должен был правдоподобно расчислить уже не простейший водородный атом с одним электроном, а многоэлектронные структуры других атомов. Эти структуры все усложнялись от элемента к элементу: каждый шаг от клеточки к клеточке в таблице Менделеева прибавлял атому новый электрон. Но сперва через 2 шага, потом через 8, затем через 18 и, наконец, через 32 шага физико-химические свойства у элементов наглядно повторялись. Было очевидно: такая

целочисленная гармония Периодического закона — генерального прозрения Менделеева — отражала какую-то квантовую игру в природе! Тут наверняка давала о себе знать закономерная упорядоченность в электронных структурах — в тонкой паутине взаимопроникающих эллиптических орбит, строгому математическому расчету не поддававшихся. «Волшебная палочка» схождения с классикой тоже была не всесильной, потому что ограниченным было само это схождение. А всеобщей — новой и непротиворечивой! — механики микромира еще не существовало в квантовой физике.

Вот Бор и рассказывал геттингенцам, какими путями шла его мысль, чтобы все-таки ей раскрылась квантовая основа периодической повторяемости свойств у элементов, слагающих вещество мира... У каждого умещается на сердце столько, сколько может оно вместить. Поместительность боровского могла сравниться только с эйнштейновской. Геттингенские математики припоминали, что говорил им о своем старшем брате их коллега профессор Харальд Бор: «Он из тех, кому открыт непосредственный доступ к секретам природы». Похоже, восторженное преувеличение Харальда имело некоторые основания. Еще не зная важных закономерностей, найденных только через три года Вольфгангом Паули и другими, Бор решился на уверенное предсказание: проблематичный элемент, чье место в 72-й клеточке менделеевской таблицы, окажется по своим свойствам аналогом элемента циркония, а не редкоземельным элементом, как утверждал французский химик Урбэн... В общем, Бор раскрыл секрет Периодического закона с наибольшей точностью, какая была возможна в дни, когда мысль теоретиков — в том числе его собственная — пребывала лишь на подступах к будущей квантовой механике глубин материи.

Вот еще и об этом — о пребывании на подступах к поре решающего успеха — раздумывал датчанин вслух с геттингенской кафедры. По одному свидетельству, он начинал свои утверждения как физик, а заканчивал как философ. И все время улыбался с какой-то затрудненностью, или со смущением. Он звал слушателей за собой — в дорогу. И не скрывал, как спорно все, уже достигнутое. И потому он совсем не удивился, а, напротив, обрадовался, когда под конец его третьей лекции встал в переполненной аудитории без-

вестный юноша и сказал: «С вашим последним утверждением трудно согласиться, господин профессор...».

После лекции он сам подошел к юнцу и предложил прогуляться вместе: «Мы углубимся в интересующую вас проблему».

Юношу звали Вернер Гейзенберг. Он приехал из Мюнхена со своим учителем Арнольдом Зоммерфельдом, который верил в него не меньше, чем в его друга Вольфганга Паули. А был он еще на год моложе юного Вольфганга и, пожалуй, даже превосходил того в одаренности. Так во всяком случае подумалось Бору во время их трехчасовой прогулки в окрестностях Геттингена. После этой прогулки он и Вернера пригласил в Копенгаген: «Проведете у нас семестр и мы поработаем вместе...». А для юнца та прогулка стала поворотным событием в его духовном созревании. «В тот день только и началась моя настоящая жизнь в науке», — не раз повторял он впоследствии.

Ему запомнилось, как Бор вдруг сказал:

«Я никогда не воспринимал буквально выражение *планетарный атом*».

И объяснил, что это лишь *образ* атома, а не истинное его изображение. И судя по всему, добавил, что в сущности остается совершенно непонятным, почему оказалась работоспособной его, боровская, теория этого атома: в ней сочетается явно непримиримое — классическая непрерывность (вращение на орбитах) и неклассическая прерывность (квантовые скачки). Он мог привести остроумную шутку резерфордова друга, австралийца Вильяма Брэгга-старшего: тот сказал, что теория Бора предложила физикам пользоваться по понедельникам, средам и пятницам классическими законами, а по вторникам, четвергам и субботам — квантовыми... А пора уже переходить на полную квантовую неделю! Иначе полного понимания не достигнуть.

Юноше запомнились боровские слова о том, что у нас нет *иного языка*, кроме языка обычной классической физики, для описания микромира, но в действительности этот язык совсем не годится для квантовой реальности с ее необычными чертами. А раздобыться другим языком физику негде: он сам — макросущество и все его лабораторные приборы — макрообъекты, они преобразуют сообщения из микромира в макрособытия, иначе мы не могли бы их наблюдать. Вот в чем

все дело!.. Но как тогда можно достигнуть понимания атома? — спросил юноша. И навсегда запомнил ответ Бора:

«Думаю, что мы все же достигнем этого, но по дороге нам придется узнать, что реально означает слово «понимание».

Впервые беседуя с двадцатиднолетним Вернером Гейзенбергом, Бор не подозревал, что рядом с ним шагает будущий избавитель его теории атома от бед непоследовательности.

...А через полгода после геттингенского «фестиваля» — в декабре 1922-го — лидерство Бора в квантовой физике было как бы санкционировано еще раз: он получил в Стокгольме Нобелевскую премию «за заслуги в исследовании строения атомов и излучения». По традиции он должен был прочитать свою Нобелевскую лекцию. Текст ее был готов, но накануне он смог еще прибавить к нему — не без волнения и оправданного торжества — несколько драгоценных строк. Из его Копенгагенского института пришла телеграмма, весьма таинственно прозвучавшая для телеграфистов: экспериментально окончательно доказано, что 72-й элемент — аналог циркония и ничего общего не имеет с редкими землями!.. Квантовая теория сработала безошибочно! Это было открытием *гафния*, названного так по древнему имени датской столицы... Бор уже поднимался на кафедру в Шведской академии, когда обнаружил, что рукопись лекции забыл в отеле. Отступать было поздно. Ему пришлось импровизировать.

«И ко благу!» — вспоминал Оскар Клейн. Тридцатисемилетний лауреат неожиданно для почтенной аудитории заговорил о науке, как в узком кругу друзей. А он и бывал всего неотразимей именно таким — домашним, ищущим понимания вслух.

Никто не знал о строении атома больше, чем он. Но он еще знал, что не знает, как же устроен атом в действительности. И этого незнания не скрывал: «Существует еще много фундаментальных вопросов, ожидающих разрешения!» Ему оставалось только выразить веру в успех, который не за горами...

5

Точно датировать тот эпохальный успех нельзя. Он был многоступенчатым, как энергетическая лестница в

атоме. И он достигался скачками через пропасти логически невы выводимого. Понимание механики микромира излучалось квантами и выстраивалось в серии прозрений, как яркие линии в атомных спектрах... Это не просто подходящие сравнения ради красного словца, но, право же, отражение сути происходившего.

Наш академик А. Ф. Иоффе, а был он на год моложе Эйнштейна и на пять лет старше Бора, заслужил дружеское расположение обоих и деятельно участвовал во всей истории современной физики — он имел случай шутливо заметить, что ученые обманывают читателей их трудов: они преподносят как итог логических умозаключений то, к чему сами приходили отнюдь не путем логических выводов. Он знал, что говорил: под его отцовской опекой начинали свою жизнь в науке — и как раз в 20—30-е годы! — будущие академики А. Александров, А. Алиханов, Л. Арцимович, Я. Зельдович, П. Капица, И. Кикоин, И. Курчатов, Н. Семенов, Г. Флеров, Ю. Харитон, А. Шальников и множество других искателей физических истин. В шутке Иоффе лишь одно слово было шутливым: «обманывают». Остальное — серьезная правда. И пожалуй, никогда это не бывало такой чистой правдой, как в скачкообразной истории создания механики глубин материи. Ее создатели и не «обманывали читателей». И сами не обманывались. Они говорили прямо:

«Паули и я держались мнения..., что переход к полной математической схеме квантовой механики совершится когда-нибудь путем удачной догадки!»

Так вспоминал Вернер Гейзенберг зиму 1924—1925 годов, когда он вслед за Паули стал в Копенгагене ненадолго ассистентом Нильса Бора. Удачная догадка! Да ведь это и есть скачок ищущей мысли в правильном направлении. Как у квантовых скачков, у догадок есть исходный рубеж и есть конечный, но нет членения на прослеживаемые подробности — нет доступной описанию внутренней истории. Между стартом и финишем мысли — подвиг интуиции.

К слову: если бы квантовый скачок можно было описать в подражание классической механике, как последовательность исчезающе малых скачков, следовало бы ожидать в излучении атома такой же непрерывной череды крошечных порций света. Но тогда в спектре не горел бы частокол отдельных линий определенной

частоты. Планку незачем было бы вводить само понятие неделимых квантов энергии, а Эйнштейну незачем было бы провозглашать существование частиц света (фотонов, как стали они называться позднее — с 1926 года). И все классически необъяснимое так и пребывало бы необъясненным.

Бора очень веселила одна историйка из студенческих времен его нового ассистента. Он докладывал на зоммерфельдовском семинаре, что для решения заданной ему задачи рискнул перенумеровать орбиты в атоме полуцелыми числами. Для язвительно насмешливого Паули это было сущей находкой. Он, тоже еще студент, громко сказал с места: «Скоро, Вернер, ты введешь четвертушки, потом восьмушки, и будешь так продолжать, пока вся квантовая теория не искрошится в пыль под твоими умелыми руками!».

Гейзенберг рано понял, что Бор неспроста с самого начала ушел от попыток описывать квантовые скачки электронов как обычное перемещение во времени и пространстве. Теперь нужна была конструктивная догадка, как же строить новую механику. Нужен был скачок от классики в верном направлении!

Все, о чем уже догадался Бор в своей теории атома, в истолковании Периодического закона, в многочисленных статьях о тонкостях спектров, в нескончаемых устных беседах-спорах в институте на Блегдамсвей и во всех научных центрах Европы и Америки, куда заносила его необходимость или любопытство, словом, все доказательное и проблематичное, чем он уже успел обогатить «квантовое мышление» физиков, могло служить трамплином для решающего прыжка к успеху. Могло... Но до середины 25-го года прыжок этот никому не давался. И самому Бору тоже.

Как все исследователи, даже гении, к разряду которых он со всей несомненностью принадлежал, Бор не был застрахован природой от ошибок и заблуждений. Только он умел, как немногие, ошибки осознать и от заблуждений отказываться.

В начале 1924 года его мысль сделала скачок в неверном направлении: в поисках перехода «на полную квантовую неделю» он осмелился пожертвовать даже такой фундаментальной ценностью классической физики, как точное выполнение в атомных событиях закона сохранения энергии... Он совершил это грехопадение

вместе со своим первым ассистентом Крамерсом и юным американцем из Гарвардского университета Дж. Слэте-ром. Оправдывалась очень нравившаяся Бору острота Крамерса по поводу квантовых решений трудных вопросов: «Они похожи на иные победы: месяца два вы смеетесь, а потом плачете долгие годы». Та ошибка была связана с одним старым заблуждением Бора, в которое сегодня трудно поверить.

Он, показавший, как рождаются кванты, долго не признавал реальности эйнштейновских частиц света! Не признавал двойственной природы квантов электромагнитной энергии — не допускал, что это одновременно частицы и волны... Приехавший осенью 1924 года в Копенгаген, Вернер Гейзенберг услышал от Бора «отповедь Эйнштейну». Впрочем, она совсем не удивила юнца, потому что и он держался той же точки зрения:

«Даже если бы Эйнштейн, — с несвойственной ему сердитой насмешливостью сказал Бор, — послал мне радиogramму с сообщением, что отныне он владеет окончательным доказательством реальности световых частиц, даже тогда эта радиogramма сумела бы добраться до меня только с помощью электромагнитных волн, из каковых состоит излучение!»

Для полемики это было придумано блестяще. Но двойственная природа квантов не делалась от этого произвольной выдумкой Эйнштейна. Уже около двух десятилетий, с 1905 года, эта идея прекрасно служила физике. Среди прочего как раз с ее помощью удавалось легко сбалансировать приход-расход энергии в актах взаимодействия света с веществом. Она объяснила фотоэффект. Не утрачивая своих волновых свойств, кванты вместе с тем, как настоящие частицы сталкивались с электронами и закон сохранения энергии действовал просто и точно. А если свет рассматривался только классически — как *непрерывный* волновой поток, картина обмена энергией в *прерывистом* процессе взаимодействий затуманивалась. В самом деле, могло показаться, что закон сохранения теряет свою строгость в микромире. Психологически, наверное, не просто понять, почему Бору думалось, что пожертвовать сохранением энергии предпочтительней, чем принять как правду природы двойственность — корпускулярно-волновой дуализм — квантов излучения? Но, возможно, он оттого и сердился, что уже чувствовал свою неправоту.

Всего драматичней было, что нашумевшая статья Бора—Крамерса—Слэстера желанного успеха не принесла. Искомой механики микрособытий она не заключала. В ней между прочим не содержалось ни одной формулы. Но зато в ней содержался новый вариант идеи *вероятностного* подхода к пониманию квантовых процессов. И она будоражила неудовлетворенную мысль. От нее веяло атмосферой назревшего кризиса в физике. «Кульминацией кризиса» назвал ее Вернер Гейзенберг. Для него оказалось на редкость благотворным полугодовое пребывание в той напряженной атмосфере неоправдавшихся ожиданий, но не гаснущих надежд.

Весь срок, обеспеченный ему по ходатайству Бора рокфеллеровской стипендией — с осени 24-го года до весны 25-го, — он проработал в институте на Бледамсвей, денно и ночью насыщаясь беседами с лучшим проводником по квантовым дебрям. Впоследствии Гейзенберг благодарно вспоминал внезапные появления Бора на пороге его комнаты в пансионе фру Мор, когда тамошние постояльцы уже успевали пожелать друг другу спокойной ночи. Спокойных ночей не получалось. Бор с порога произносил: «А не попытаться ли нам обдумать еще и такую возможность?..» Словом, когда весной 25-го года молоденький Гейзенберг уезжал в Геттинген, где ему дано было место доцента, он увозил с собою из Копенгагена неоценимый груз: лихорадящее чувство, что «время пришло»! За полгода он убедился: Бор несомненно верит в его силы и многого ждет от молодой непредубежденности его мысли. Короче, психологическая предыстория тогдашнего успеха Гейзенберга, хотя он достигнут был не в Копенгагене, а прежде всего на скалистом острове Гельголанд, где юнец спасался от приступов сенной лихорадки, эта предыстория была эпизодом и духовной биографии Нильса Бора.

6

Двадцатичетырехлетний Гейзенберг совершил поисковый скачок в неожиданном направлении. И был вознагражден за свежесть взгляда на вещи. В один обычный летний денек 25-го года, пытаясь за своим письменным столом снова и снова математически распутать клубок электронных орбит, он вдруг высвобождающе подумал: а зачем это нужно — «вязнуть в непролазной

трясине громоздких и неразрешимых уравнений»? Зачем описывать в деталях картины механического движения в атоме, если они, по-видимому, вовсе не отражают микродействительности? И он по-новому оценил серьезность этого старого подозрения Бора, вспомнив их прогулку по Геттингену...

Только *наблюдаемые* величины — вот чем должна оперировать механика атома! — сказал он себе. В тот ли момент или позже (это не столь уж важно) он подумал еще, что ведь сама история физики нашего века с ним заодно. Разве не отказался Эйнштейн вводить в механику абсолютное время — единое для всех движущихся систем — именно потому, что никакое наблюдение не могло подтвердить его существования? А Бор с его отказом описывать квантовые скачки? Разве не был вынужден этот отказ именно тем, что в квантовых событиях невозможно наблюдать постепенный «ход вещей»?.. Так отчего же не сделать еще один шаг: раз нельзя наблюдать и орбиты, не надо описывать движение электронов вокруг ядра на обычный лад!.. И ему снова вспомнился Геттинген 22-го года — фраза Бора: «Я никогда не воспринимал буквально выражение *планетарный атом*».

А что наблюдаемо? Испускаемые и поглощаемые кванты. Частота и амплитуда «чего-то колеблющегося» в атоме. Частота обнаруживается в цвете спектральных линий. Амплитуда — в их яркости. Знания частот достаточно, чтобы судить об энергетической лестнице в атоме. Знания амплитуд достаточно, чтобы судить о вероятности квантовых скачков. Прерывистые — пунктирные — *наборы* таких наблюдаемых величин дают необманную информацию о главных событиях внутри-атомной жизни. Этими наборами и должна оперировать искомая *квантовая* механика. И это будет доподлинным переходом «на полную квантовую неделю»: из теории исчезнет непоследовательность — призрак классического движения по воображаемым траекториям и прочее, и прочее...

Однако прежний опыт физики не подсказывал, как оперировать с наборами наблюдаемых величин, она такими вещами не занималась. Молодому теоретику следовало придумать для себя новую математику. И он это сделал!

«Каким талантливым невеждой надо было быть, — говорил его геттингенский шеф Макс Борн, — чтобы не знать существующего математического аппарата и самому изобрести его, раз он тебе понадобился!»

Да, Гейзенберг попутно изобрел основы уже хорошо известного в высшей алгебре *матричного* исчисления. Его наборы наблюдаемых величин — квадратные таблицы — назывались матрицами, и *матричной* стала называться его первая версия квантовой механики...

Знаменательная историческая подробность: начальный вариант своей механики он не послал ни одному из своих наставников, а поспешил представить на суд приятелю-погодку Вольфгангу Паули. В старости он объяснил историкам, что Нильсу Бору — в духе копенгагенской школы — всегда хотелось глубинной физической обоснованности, а Максу Борну — в духе геттингенской школы — всегда хотелось изощренной математической строгости. Его же еще могло страшить в те дни и то и другое. А суд Паули, хоть и придирчивый, оказался милостивым. Правда, позднее он говорил, по свидетельству боровского ассистента Леона Розенфельда, что «есть в атомном мире гораздо больше наблюдаемых величин, чем это снилось гейзенберговской философии». Но дело было сделано: чисто квантовая механика возникла! И тем же летом Паули признался одному еще более молодому приятелю: «Механика Вернера вернула мне радость жизни и надежду»... Они все умели *переживать идеи, как чувства*. В этом была их внутренняя сила.

...А Бор; простившийся весною с Гейзенбергом после полуночных бдений в пансионе фру Мор, летом еще ничего не знал о случившемся. Мало того, что Гейзенберг не рискнул написать ему о своей работе. В те июльские дни гостевал у геттингенцев Крамерс. И конечно, он узнал о новом построении прямо из первоисточника. Да только это построение, как установил датский физик-историк Эрик Рюдингер, не произвело на Крамерса ни малейшего впечатления. И вернувшись в Копенгаген, он ничего не рассказал Бору... Причудливо все сложилось: высокоодаренный, но не склонный страдать из-за «мыслей, лежащих на сердце», Крамерс, возможно, еще надеялся на плодотворность прошлогодней жертвы, принесенной в Статье Трех — авось без строгого сохранения энергии все трудности удастся как-нибудь преодолеть. А Бор этого уже не думал! Бор уже отступился от своей

ошибки и уже простился со своим застарелым антиэйнштейновским заблуждением...

Дело в том, что в те самые дни стало известно: искусные измерения берлинских экспериментаторов Гейгера и Боте убедительно показали, что в атомных со- бытиях, как и всюду, закон сохранения выполняется строго! С опытом не спорят. Но если так, то значит голосом Эйнштейна говорила и говорит *сама природа: волны* излучения являют собою еще и поток *частиц*.

Без колебаний, словно предпринимая нечто давно желанное и выношенное независимо от известия из Бер- лина, Бор немедленно направил самокритическое «Пос- лесловие» к очередной своей статье, которая могла вот- вот появиться в печати. Он спешил оповестить всех кол- лег, что теперь, по его разумению, скачком приблизи- лась пора чрезвычайных событий в физике. Он позво- лил себе пророчество:

«При таком положении вещей нужно быть гото- выми к решительной ломке понятий, лежавших до сих пор в основе описания природы...»!

7

Он сослался не только на измерения Гейгера—Боте. Кратко (ведь это было всего только «Послесловие») он указал на важность необычайных идей Луи де-Бройля... Французский теоретик из поколения тридцатилетних опубликовал тогда свою докторскую диссертацию, с блеском защищенную в Сорбонне на исходе 1924 года. Она трактовала о прежде неведомых «волнах материи». Утверждалось: *частицы* вещества являют собою еще и некие *волны*. Это была поразительная догадка. И де- Бройль сумел развить ее с убеждающей красотой. Он дал простую и ясную формулу для меры волнообраз- ности, присущей любой движущейся массе. Длина де- бройлевской волны для всякого движущегося тела ока- зывалась тем больше, чем меньше была его масса и чем быстрее двигалось оно. И потому-то это «дрожание вещества» становилось реально ощутимым именно в микромире — «в мире легких и быстрых вещей». Так, волны материи у электронов сравнимы — по длинам волн — с рентгеновскими лучами. Это сразу подсказы- вало надежную проверку идеи и формулы де-Бройля.

Волны умеют то, чего не умеют частицы: огибать препятствия (дифракция), а налагаясь одна на другую,

умеют взаимно усиливаться или погашаться (интерференция). Лучи Рентгена как электромагнитные волны, пронизывая кристалл, дают его изображение — рентгенограммы. Так отчего бы потоку достаточно быстрых электронов, если есть у них волновые свойства, не давать такого же изображения кристаллов — электрограммы?.. Надо ли напоминать, что все это замечательно оправдалось на опыте! (Давно уже созданы электронные микроскопы.) Однако летом 25-го де-Бройлю еще нужно было верить на слово: только в 1927 году электрон-частица был экспериментально переоткрыт, как электрон-волна... Эйнштейн поверил. И Бор поверил. Для Бора в образе электрона-волны содержалась особая прелесть — можно бы сказать «личная».

Давно не удовлетворявший его мысленный чертежик — электрон на классической планетной орбите — теперь наполнился неожиданным смыслом. Вот летит электрон по разрешенной орбите, ничего не излучая, и движение его как частицы устойчиво: он не теряет и не приобретает энергии, а просто с каждым оборотом «возвращается на круги своя». Но тогда для соблюдения устойчивости он и, как волна, должен после полного оборота все начинать с начала. А это возможно, только если в орбите укладывается целое — обязательно целое! — число его электронных волн. Иначе орбита окажется неустойчивой — неразрешенной... Так вот почему дозволены не любые орбиты и чередка их прерывиста: две ближайшие должны отличаться хотя бы на одну длину электронной волны! Орбиты квантуются оттого, что электрон по своей природе вовсе не классическая частица, а странная частица-волна. Бор мог восхититься.

(Это и сегодня производит сильное впечатление, не правда ли? Квантовая *прерывистость* возникает из *непрерывности* — из волновой непрерывности периодического процесса!)

Покладистой бывает обычно такая строптивая и хитроумная история познания: все так сошлось, что Нильс Бор одновременно проникся доверием и к двойственной природе излучения, и к двойственной природе вещества. Эта всеобщая двойственность стирала резкие грани различия между двумя формами бытия материи — между веществом и полями. И возникает чувство, что тогда, в июле 25-го года, ищущая мысль Бора пере-

жила потрясение. Если бы ему нужно было иносказательно пояснить это гуманитарной Маргарет (помните: «Ах, я ничего не понимала в физике!»), он мог бы с улыбкой сказать ей, что микромир теперь открылся ему, как страна микрокентавров — волн-частиц... И ему с новой силой стало ясно, что логика непротиворечивого описания этой страны и поведения этих незамеченных классикой сущностей не может довольствоваться одними только издавна известными науке правилами.

Волна... — это знак неограниченности в пространстве.

Частица... — это знак сконцентрированности в точке.

Необходимо будет понять, как совместить эти несовместимые образы *в познании*, если то, что стоит за ними в глубинах материи, так непринужденно совмещается самой *природой*.

С июля 1925 года Бор сделался преданнейшим приверженцем идеи-образа волн-частиц. В этой классически непостижимой двойственности он увидел родовую черту микромира. Верность этому пониманию его особенности стала для Бора как бы обязательным условием успешности всех теоретических исканий. Напророчив близость «решительной ломки» прежних основ описания природы, он рекомендовал ее не другим, а самому себе.

Его мысль пустилась тогда в глубокий охватывающий маневр на границе физики и философии познания: началось вызревание его будущего знаменитого Принципа дополнительности... Но он не предполагал, что на это уйдут два с лишним года трудных размышлений. Таких трудных, что за это время он не будет почти ничего публиковать — ни о частных вопросах атомной теории, ни «о своих сокровенных философских идеях» (М. Джеммер). И не догадывался он, что со временем поставит в нелегкое положение историков науки, когда они захотят проследить, как рождалось самое значительное завоевание его мысли.

А пока рождался этот фундаментальный Принцип дополнительности, история квантовой физики подбрасывала все новый материал для такого философско-физического обобщения.

Почти одновременно с Вернером Гейзенбергом совершил другой скачок в верном направлении Эрвин Шредингер.

Цюрихский профессор был всего на два года моложе сорокалетнего Бора, но до той поры ничем особо памятным не отметился в истории физики. С молодой копенгагенской школой он связан не был. Больше того: боровский постулат квантовых скачков вызывал его искреннюю неприязнь. Его вдохновили на поиски идеи Луи де-Бройля... Волны материи. Если это физическая реальность, разве не может механика микромира быть подобием механики волновых явлений? Примерно с этого он начал.

Дальше работали его гений физика и образованность математика. Ему вообразилась некая величина, меняющаяся в пространстве и времени волнообразно и характеризующая состояние исследуемой микросистемы. Для нее, этой таинственной на первых порах величины, названной им пси-функцией, Шредингер сумел написать уравнение, ставшее вскоре знаменитым. Физикам предлагалось находить решения этого уравнения для всевозможных задач о поведении микрообъектов... Полного успеха цюрихский профессор достиг в следующем, 1926 году. Но уже тогда, летом 25-го, когда Гейзенберг нашел первый вариант *матричной* механики, Шредингер набросал первый вариант своей механики — *волновой*. А Бор, предупреждая в те дни коллег о готовности к «решительной ломке», не знал и об этом событии! Трудно вспомнить, бывало ли уже в истории физики так, чтобы пророчество становилось явью в момент его провозглашения.

...Осенью 25-го Гейзенберг решился, наконец, показать свою работу Бору. Весной 26-го стала известна в Копенгагене теория Шредингера. И странной выглядела равная справедливость обеих механик: два скачка в несомненно верных направлениях, но при этом — прямо противоположных. Матрицы... — механика частиц и прерывностей. Волновое уравнение... — механика волн и непрерывности. И обе сразу были подтверждены делом: теория атома водорода получалась из них как бы сама собой. Бор увидел, что решительная ломка началась с двух разных концов и с одинаковым успехом. Погруженный в собственные, пока молчали-

вые, обобщающие искания, он убедился, как отчетливо воплощается в теории двойственность глубин материи! А Шредингер к тому же строго математически показал, что обе механики на *разных* языках описывают *одно и то же*. Они — эквивалентны. Все сложилось как нельзя лучше, однако...

Однако каждый из «решительных ломателей» полагал, что правда природы только на его стороне. Шредингер назвал метод Гейзенберга «наводящим уныние, если не отталкивающим». Не менее красноречив был Гейзенберг: «Чем больше я обдумываю физическую сторону теории Шредингера, тем отвратительней она представляется мне». В общем, было так: один утверждал, что физически реальны лишь волны, а их корпускулярность — математическая иллюзия (полезная, но иллюзия); другой утверждал, что физически реальны лишь частицы, а их волнообразность — математическая маска (добротная, но маска). Столкновение с Нильсом Бором для обоих было неминуемо.

Первым пришел черед Шредингера. Осенью 26-го года он приехал по приглашению Бора в Копенгаген с коротким визитом для обычного по тем временам дуэльного дела — для изнуряющего дискуссионного долгоговoreния... Гейзенберг с весны уже снова работал у Бора, и они вместе отправились на вокзал встречать автора волновой механики. Спор начался тут же — на перроне, как засвидетельствовал младший, и длился до проводов Шредингера на том же вокзале через несколько дней.

...Интересно, что аккуратная секретарша Бора молоденькая Бетти Шульц не записала имени цюрихского профессора в книгу иностранных гостей института. А вела она эту книгу с весны 1920 года, когда еще не было трехэтажного здания на Блегдамсвей и Нильс Бор ютился со своим первым ассистентом Крамерсом в узкой комнатенке на территории Политехнического института. За шесть лет в записях Бетти Шульц накопилось уже около сорока ученых имен из Голландии, Швеции, Норвегии, Венгрии, Германии, Румынии, Японии, Соединенных Штатов, Австрии, Индии, Англии, Канады (в порядке появления все новых приезжающих). Указание «Швейцария» рядом с именем «проф. Э. Шредингер» увеличило бы еще на единицу и без того уже внушительный перечень интернациональных связей Бора и

его института. Но этого не произошло. Объяснение единственное: по-видимому, Шредингер вообще не появился в институте и с первого до последнего дня оставался домашним гостем Бора.

А случилось вот что: гость заболел. По одной версии — из-за сентябрьской непогоды, по другой — из-за нервного перенапряжения. Вероятней всего, из-за того и другого вместе. Он лежал в институтской квартире Бора, и директорский кабинет на Блегдамсвей пустовал день за днем: дискуссия не прерывалась. Гейзенберг запомнил все повторяющуюся фразу Бора: «Но, Шредингер, вы все-таки должны согласиться...» А Шредингер не соглашался. На его стороне был логически неопровержимый вековечный здравый смысл с его аксиомой: «природа не делает скачков». А Бор увещевал его так (в пересказе Гейзенберга):

«— То, что Вы говорите, абсолютно правильно. Но это не доказывает, что квантовых скачков нет. Это доказывает только, что мы не можем их вообразить, что предметно-изобразительные представления, с помощью которых мы описываем события повседневной жизни и эксперименты классической физики, становятся непригодными, когда мы переходим к описанию квантовой прерывности. И нам не следовало бы удивляться этому, раз уж мы сознаем, что замешанные тут процессы не входят непосредственно в опыт нашего бытия...»

А Шредингер еще возражал, что формирование наших представлений о природе его вообще не интересует: «Я предпочитаю оставить это философам». Он требовал точного отчета о событиях в атоме: «И мне неважно, какой язык вы выберете для разговора о них!». Он не догадывался, что высказывает пренебрежение к самой сути философско-физических размышлений и тревог, одолевавших Бора на протяжении последних полутора лет и еще далеких от ясного итога. То был удар по натянутой тетиве. И стрела сорвалась... К изумлению Гейзенберга, прекрасно знавшего мягкость и великодушие Бора, тот вдруг превратился в «почти лишенного милосердия фанатика». Он словно забыл так свойственную ему роль приветливого хозяина. Шредингеру всегда дурно спалось, а Бор, спавший праведным сном ребенка, намаявшегoся за день, не мог дожидаться, когда недомагавший гость проснется, и попросту будил его для продолжения осады... Когда все аргументы были уже многократно пересказаны, изнуренный Шредингер взорвался фразой:

«— Если эти проклятые квантовые скачки сохраняются в физике, я простить себе не смогу, что вообще связался с квантовой теорией!»

И тут внезапно все изменилось. Снова светлая улыбка появилась на лице Бора. Спор не разрешился, но окончился: с последней репликой Шредингера ушла из дискуссии наука, а пришла драма характера. И раздался ответ Бора, какого Шредингер меньше всего ожидал:

«— Но зато все мы чрезвычайно благодарны Вам... Ваша волновая механика принесла с собой такую математическую ясность и простоту, что явилась гигантским шагом вперед...»

9

А потом пришел черед Гейзенберга. Он слышал, как Шредингер, хоть и не сдался, но не смог защитить свою волновую ересь: «движущаяся частица не что иное, как пена на волновой радиации, образующей мир». Это осталось красивой поэтической метафорой, не более того. Слепить частицы из волн, а заодно изгнать из описания природы квантовые скачки, настроенному в классическом духе Шредингеру не удалось. Он уехал в подавленном настроении. И Гейзенберг опрометчиво подумал, что это час единовластного торжества его корпускулярной ереси: электроны, протоны, атомы — «маленькие шарики», как он говорил, называть же их еще и волнами — «не более чем способ разговора, физическая реальность тут ни при чем».

Той осенью 26-го года он однажды обвинил своего недавнего геттингенского шефа Макса Борна в «измене самому духу матричной механики». В измене! Не меньше. Таковы уж были тогдашние страсти. Поводом послужил еще один скачок в верном направлении: Макс Борн дал глубокое истолкование физического смысла таинственных пси-волн Шредингера — он показал, что это — *волны вероятности* того или иного поведения микросистем!.. Бор высоко оценил результат Макса Борна, но, вообще говоря, в Копенгагене такое истолкование восприняли как само собой разумеющееся: там все уже прониклось убеждением Бора, что глубины материи — мир вероятностных закономерностей... Разумеется, и Гейзенберг не оспаривал этого, но он вознегодовал оттого, что Макс Борн в своем исследовании опирался на волновую механику Шредингера, а не на

аппарат механики матричной. Односторонним было это негодование.

«А Бор пытался во всем учитывать одновременное существование и корпускулярной и волновой картин. Он держался убеждения, что лишь обе эти картины совместно могут обеспечить полное описание атомных процессов, — рассказывал Гейзенберг историкам и добавлял: — Я испытывал неприязнь к такому взгляду на вещи».

Он, как и Шредингер, не догадывался, что эта его неприязнь задевала все то же, молчаливо вынашиваемое Бором, философско-физическое понимание сути квантовой революции в познании природы. Двойственность микрокентавров волновала Бора не только сама по себе — она вела его мысль далеко... Неизбежная размолвка с Гейзенбергом произошла уже в начале 1927 года.

...Все еще молоденький (26 лет!) ассистент жил в комнате на мансарде институтского здания. Часто поздними вечерами, когда в Феллед-парке смолкали голоса зимующих птиц, а на широкой Блегдамсвей затихало движение, и мальчики уже засыпали в детских комнатах, Бор устало оповещал Маргарет: «Знаешь, я все-таки поднимусь к Вернеру...» Она не возражала — все пятнадцать лет их супружеской жизни он оставался одним и тем же: думающим неостановимо над своими мудреными проблемами...

Повторялось то, что два года назад («накануне матричной механики») бывало ночами не раз: «а не попытаться ли нам обдумать еще и такую возможность...» Гейзенберг вспоминал, что теперь Бор нередко появлялся у него на мансарде с бутылкой портвейна в руках. И это означало, что спор будет идти на износ — вино понадобится обоим, как тонизирующая микстура. Снова будет схватка ради выяснения, *понимают* ли они основы квантовой механики. И снова будет варьироваться критика его, гейзенберговской, неприязни к равноправию образов частиц и волн. Он признавался, что недоумевал: почему Бор настаивал, будто чего-то фундаментально главного они еще не понимают и что-то всеобъемлющее должны еще отыскать? И вот что замечательно, но уже не удивительно: вновь оказалось, что все это было «накануне»! Накануне нового скачка.

Однако сначала приключилась немая ссора — они больше не могли казнить этими ночными бдениями

(и дневными тоже). «Наши нервы были напряжены до предела», — рассказывал младший. Надо было хоть на время расстаться. Бор решил это самовластно — без обсуждения, что было до крайности на него не похоже. Глава процветающего института мог позволить себе, ни у кого не испрашивая позволения (кроме Маргарет, разумеется!), попробовать выходящее понимание непонятного на лыжах в тишине норвежской Даларны.

«Ему захотелось побыть и подумать в одиночестве. И я полагаю, он был прав...» — говорил Гейзенберг историку через тридцать пять лет, а в книге воспоминаний прибавил: «В общем, я обрадовался, что он бросил меня одного в Копенгагене, где я мог теперь поразмышлять об этих безнадежно сложных проблемах вполне спокойно».

Но никуда не могли они деться друг от друга, связанные одним и тем же страданием ищущей мысли. И впечатление такое, будто в те февральские дни 27-го года между заснеженными склонами Даларны и заснеженными аллеями Феллед-парка происходила передача мыслей на расстоянии. И вместе с предысторией, сама история второго — бесспорно гениального — открытия Гейзенберга явилась еще одним неотторжимым эпизодом духовной биографии Нильса Бора.

...Февральской ночью в Феллед-парке, что лежал за окном его мансарды, Гейзенберг выходил внезапно мелькнувшую у него идею *Соотношения неопределенностей*, именно того фундаментального закона, которого по настойчивому уверению Бора так недоставало механике микромира. Все дни он продолжал — теперь уже «вполне спокойно» — раздумывать о движении электрона в атоме: почему оно не поддается обычному наблюдению и описанию? Разве не мог бы помочь идеальный — сверхчувствительный — микроскоп? Проведем мысленный эксперимент. В грубой схеме такой... Квант света, как острое, «наколет» электрон и покажет его координату. Если одновременно ухитриться измерить скорость электрона, будет все, чтобы точку за точкой установить траекторию его движения. Но квант его «наколет» не точнее ширины своего «острия» — длины волны взятого света. Неизбежна неопределенность в координате. А сверх того, в момент накалывания квант собьет электрон с его пути и бесконтрольно появится неопределенность, в скорости. Можно уменьшать эту неопределенность, беря все менее энергичные — менее

нарушающие движение — кванты. Но такие кванты будут все более длинноволновыми. И будет невольно возрастать неопределенность в координате. Гейзенберг задался вопросом: «Как далеко мы можем сводить на нет эти неопределенности?»

Классическая физика ответила бы: в принципе до нуля — все зависит от точности измерений. А тут открылось, что у микромира такого ответа нет: даже в идеальном измерении неопределенности устранить нельзя! Они свойственны самой природе вещей... На рассвете, уже за столом, Гейзенберг вывел замечательно простую формулу. И получилось, что *предел*, до которого могут *совместно* сводиться на нет эти неопределенности, задается, как того и следовало ожидать, квантом действия — постоянной Планка — все тем же «таинственным посланцем из реального мира».

10

А Бор в норвежском одиночестве продолжал доискиваться всеохватывающего понимания квантовых странностей. Тот же вопрос: почему не поддается обычному описанию движение в микромире? — уводил его от формул в философию познания. Впервые за долгое время дни его проходили без нескончаемых диалогов. В снегах Даларны он оставался с утра до вечера своим собственным собеседником-ассистентом. Только он ничего не записывал «за собой». И ход его размышлений невосстановим.

Но известен их итог. Когда во второй половине февраля Бор вернулся в институт после добровольной отлучки, всем видом своим — зимним загаром, обветренным ртом, спокойной синевой глаз, — приветливо излучая здоровье и силу, он и Гейзенберг миролюбиво познакомили друг друга с достигнутым в одиночку.

Впоследствии Оскар Клейн рассказывал историкам, как встретил Бор Соотношение неопределенностей:

«...Он отнесся с истинным восхищением к этой замечательной формуле. А в то же время стало ему как-то не по себе, быть может, потому, что все это роилось в его собственной голове, да не успело оформиться до конца».

Не успело математически, но идейно оформилось с лихвой! Вернер Гейзенберг, в свой черед, рассказал историкам, что Бор привез с собою из Норвегии *Принцип дополнительности*.

Это был бесформульный Принцип, но столь всеобъемлющий, что Соотношение неопределенностей раскрывалось, как одно из его частных «формульных» проявлений.

...Почти два года назад, когда летом 25-го Бор уверился во всеобщей двойственности волн-частиц и заговорил о готовности к решительной ломке прежних понятий, в его загородном «Вересковом доме» на побережье Каттегата случилась забавная история. Он любил расчищать от лишних зарослей землю вокруг этого недавно приобретенного дома. Порой ему помогали часто наезжавшие туда ассистенты, друзья, иностранные гости. В тамошних дискуссиях на природе, в сущности, продолжалась институтская жизнь. Иногда там, в Тисвиле, рождались счастливые идеи. Но в тот раз за тем же занятием по расчистке зарослей счастливая идея осенила его четвертого сына — трехлетнего малыша Оге (которому тоже предстояло стать физиком-теоретиком и Нобелевским лауреатом). В час роздыха Бор предложил своим мальчуганам подумать над шуточной побасенкой (ему нравились такие игры на догадливость с детьми):

«Представьте себе кота, которого нет на свете. У этого кота могут быть хоть два хвоста, не правда ли? Но у настоящего кота наверняка на один хвост больше, чем у кота, которого нет. Значит, у настоящего кота могут быть три хвоста! Где тут ошибка?»

Он не сказал «логическая»: даже старшему из мальчиков, Кристиану, было всего девять лет. Первым вскочил Оге. Он протянул пустые ладошки: «Папа, вот кот, которого нет. А где два хвоста?» Эта история вошла в семейный фольклор.

А Бору она напоминала о бесплодных попытках описать траекторию электрона в атоме как классического шарика с точно определяемыми координатами и скоростью в каждый момент времени. Эксперименты, как маленький Оге, протягивали из микромира пустые ладошки: там не было шариков, а были частицы-волны. И они не могли обладать тем, чем обладали шарики: однозначно точные координаты и скорости были для них двумя хвостами несуществующего кота... Оскар Клейн справедливо отметил: все, связанное с Соотношением неопределенностей, роилось в мыслях Бора. Но занимало его еще нечто большее.

Проблема измерений в микромире всегда была для

него не просто лабораторной заботой, а предметом философских тревог. Атомный мир, как андерсеновская принцесса, чувствует горошину сквозь толщу десяти перин. Там любое измерение — акт вторжения в бытие измеряемого. Этот акт изменяет состояние микросистемы. И никакой изощренностью опыта, равно как и никакими обычными поправками на ошибки, такого вмешательства не устранить. А все потому, что физическое действие не может стать меньше кванта действия — постоянной Планка!

Классическая механика этого не подозревала. И потому так верилось во всеислие ее уравнений: найдите *начальные условия* движения, то есть координаты и скорости в данный момент — для Луны ли, для атома, все равно — и остальное сделает математика. Она покажет единственный путь, предначертанный Луне или электрону в атоме. Кажется, никто не выразил этой веры красноречивей Пьера Лапласа, современника Наполеона: он обещал предсказать будущее Вселенной, если ему будут даны «начальные условия движения в какой-нибудь момент» для всех тел и телец, ее составляющих! Голосом Лапласа говорила фаталистическая философия классической — однозначной — причинности... А Бор с нею окончательно прощался на своей одинокой лыжне в Даларне. Без математики, на ощупь, его мысль приоткрывала физическую причину «беспричинности». Нельзя было бы дать Лапласу то, чего нет: для микрокентавров ни в какой момент времени нельзя однозначно установить «начальные условия» — этого не позволяет сделать волнообразность частиц. И дело тут не в измерениях физика: в лабораториях происходит только то, что разрешено самой природой. И это она сама обходится без точных координат и скоростей. Она таит для микрокентавров обилие возможностей, и какая из них осуществится на деле — в акте очередного взаимодействия, заранее в точности неизвестно. И квантовая механика в подражание самой природе может разговаривать лишь о вероятностях разных вариантов. Она *механика возможного* в вероятностном мире природы!

Образ-идея волн-частиц верно служил тогда воображению Бора как наглядное воплощение парадоксов новой механики. Он постоянно искал ему оправдание. Даже вне науки...

Осенью 26-го, после отъезда измученного Шрединге-

ра, в Копенгаген приехал на полугодовую стажировку еще один несомненный гений — молчаливый кембриджец Поль Дирак. Всего лишь двадцатичетырехлетний, он был уже автором такого аппарата квантовой механики, который мог, по словам Бора, «конкурировать своей законченностью с аппаратом механики классической». Бор полюбил приветливого нелюдима, и Дирак отвечал ему сердечной привязанностью. Он увидел в Боре «глубокого мыслителя, размышляющего обо всем на свете», и вспоминал:

«...Ну, вот, например, двое гангстеров вытаскивают револьверы и хотят друг друга убить, но ни один из них не осмеливается выстрелить, — как найти этому объяснение? Бор искал его и нашел... Если Вы сначала принимаете решение выстрелить и затем стреляете, это более медленный процесс, чем выстрел в ответ на внешний стимул. И пока вы решаете нажать курок, другой увидит это и выстрелит первым... Говорят, что гангстерам это правило знакомо...»

Дирак рассказал, как все в институте купили детские пистолеты и устраивали внезапные гангстерские встречи с Бором. Он неизменно успевал выстрелить раньше нападавших... Но кроме забавной стороны, у этой истории была и серьезная.

Бор размышлял о совмещении несовместимого в единой психологической картине. У гангстеров был выход: спрятать оружие и разойтись — несовместимость снималась. У микромира такого выхода не было: в описании его странностей несовместимости не могли «разойтись», как не могли «разойтись» частица и волна. Но эти противоположности и не боролись, а сосуществовали. Тут диалектика тоже была неклассическая.

Бор вспоминал, сколько раз он уже говорил об ограниченной пригодности обычных образов и понятий в квантовой физике. А заменить их было нечем. Да и нужно ли было заменять?! Он пришел к мысли не только об ограниченности, но и об удивительном могуществе классического словаря. Так, скажем, странное поведение света все-таки поддается полному описанию с помощью двух классических образов, да только абсолютно несовместимых! Сочетается классически несочетаемое, и это-то приносит успех! Сохраняется макрословарь, но микромир требует своей грамматики. И эта грамматика заключается в том, что несочетаемым образом и понятиям разрешено *дополнять* друг друга. Так

устроено наше знание. Уже не классическое, но уже и не беспомощное перед своеобразием глубин материи. Доведенная до крайности, беда противоречивости превращается в *благо дополнителности*! Так дополняют друг друга прерывистость и непрерывность. Несовместимые измерения координат и скоростей микрокентавра. Беспричинность случая и закономерное распределение вероятностей. Частица и волна...

Это и было то всеохватывающее, чего недоставало для понимания науки о микромире и что открылось Бору сполна в норвежском одиночестве. Это-то он и привез с собой, как рассказал историкам Гейзенберг. Позднее Вольфганг Паули предлагал называть саму квантовую механику *теорией дополнителности* — в параллель эйнштейновской *теории относительности*.

11

Пойдут годы... Нильс Бор будет награжден орденом Слона, учрежденным лишь для членов королевских фамилий и глав иностранных государств. Он удивленно поднимет седеющие брови и обрадуется по-детски, но ему придется изобрести для себя герб, дабы висел этот герб в почетном зале Фредериксборгского замка. На рыцарском щите будет начертан древнекитайский символ Инь и Янг — две равновеликие криволинейные фигуры, светлая и темная, вместе образующие круг: «образ Мира». А под щитом зазмеится геральдическая лента с латинской надписью «Контрариа сунт комплемента» — «Противоположности суть дополнителности».

Принцип комплементарности станет любимым детищем Бора. До конца своей долгой жизни он будет извлекать из этого Принципа все новые и новые — не всегда бесспорные — следствия для понимания того, как устроено наше знание не только в области физики, но и в биологии, психологии, истории культуры... И глубина этого — на первый взгляд такого простого — обобщения «уроков квантовой теории», как любил говорить Бор, будет приобретать все ширящееся признание. И появится целая литература о Принципе дополнителности. Но это потом, когда пройдут годы.

А пока, осенью все того же 1927 года, квантовой механике еще предстояло «Боевое крещение». Так называл то, что происходило на 5-м Сольвеевском конгрессе.

се в Брюсселе, Вернер Гейзенберг. А Леон Розенфельд окрестил происходившее «Матчем века». Продолжая это вольное сравнение, можно бы сказать, что в бельгийскую столицу съехались и вправду две беспримерные по силе «Сборные Европы». В одну входили Эйнштейн, Лоренц, Планк, Шредингер, де-Бройль... В другую — Бор, Гейзенберг, Дирак, Паули, Ферми, Борн, Эренфест... И если отбросить тонкости различий в каждом из этих созвездий, первое могло бы взять себе девизом «Классическая причинность», а второе — «Вероятностный мир».

Дискуссия шла по докладу Бора, где идеи Принципа дополнительности и Соотношения неопределенностей служили путеводной нитью для его мысли. Но главное происходило, в сущности, вовсе не в зале заседаний, а в кулуарах, за ресторанными столиками, на дорожках Королевского парка, где под ногами Эйнштейна и Бора часами шуршала осенняя листва. Их непрерывное шестидневное единоборство — вот что было главным. И это сознавали участники конгресса.

Прошло одиннадцать лет с тех пор, как Эйнштейн высказал сожаление, что *случаю* предоставляются слишком большие права в описании микрособытий, и объявил это *слабостью* своих собственных построений. Казалось бы, теперь, после открытия Соотношения неопределенностей, он должен был бы согласиться, что для однозначной *определенности* хода вещей в глубинах материи места не осталось — там доказательно обнаружился мир вероятностных закономерностей. Но он не согласился...

«Тут играли роль,—заметил его друг Макс Борн,—глубокие философские разногласия, отделявшие Эйнштейна от более молодого поколения».

Кстати, именно Макс Борн первым услышал от Эйнштейна его знаменитую ироническую фразу: «Я не верю, что Старик бросает кости!» Теперь эту шутливую ссылку на строгую однозначность повелений Всевышнего слышал Нильс Бор. Эйнштейн решил показать, что Соотношение неопределенностей — вовсе не обязательный закон природы: возможны его нарушения...

Он придумывал один за другим хитроумные мысленные эксперименты, где неопределенности сводились к нулю. Ему пришлось придумывать все новые построения, потому что Бор с неменьшим искусством каждое

из них разрушал: тонко и неопровержимо показывал, что все-таки неопределенности к нулю не сводятся — предел малости, квант действия, обойти нельзя!

Принцип дополнительности и Соотношение неопределенностей не потерпели в «Матче века» ни одного поражения. Классическая причинность не одержала ни одной победы. И, естественно, не было ничьих: законы природы неуступчивы.

...В конце октября 1927-го Бор возвращался в Копенгаген со счастливым чувством, что важнейшее дело жизни не только *сделано*, но и *защищено*!

Глава третья.

ТРИДЦАТЬ ПЯТЬ ЛЕТ

1

8 апреля 1930 года в Книге иностранных гостей института Бора появилась запись: «Д-р Ландау, Ленинград...» Доктору было двадцать два. По тем временам — почти стандартный возраст для приобщения к копенгагенской школе. Самая молодая наука нуждалась в непредубежденных умах. Соавтор и друг юнца из Ленинграда, английский физик Рудольф Пайерлс говорил:

«...Одно из моих любимых воспоминаний — это случай, когда в дискуссии всплыло имя физика, о котором Ландау прежде ничего не слышал. Он спросил: «Кто это? Откуда? Сколько ему лет?» Кто-то сказал: «О, ему лет 28». И тогда Ландау воскликнул: «Как, такой молодой и уже такой неизвестный!»

В этом ослепительном *уже неизвестный* заключался целый трактат о молодости квантовой революции и притязаниях юности, сознававшей неограниченность своих сил. Недаром остро и независимо мыслящий юноша сразу пришелся по душе еще ничуть не постаревшему Бору. И в свой черед — сразу и на всю последующую жизнь признал Бора своим «единственным учителем».

Наркомпрос обеспечил Ландау полугодовое путешествие по научным центрам Европы. 110 дней он провел в Копенгагене. 22 из них были почти символическими: с утра до вечера длилась полемика между учителем и учеником по тонким вопросам распространения Соотношения неопределенностей на теорию поля. Пайерлс сначала тоже участвовал в дискуссии, но его хватило лишь на четыре дня — «он уехал в состоянии

полного изнеможения». В институте понимающе улыбались карикатуре Георгия Гамова: к стулу привязан Ландау с кляпом во рту, а Бор его просит: «Погодите же, Дау, дайте и мне хоть слово сказать!». Юмор состоял в том, что слова-то сказать не давал Бор. Его выносливость была беспрецедентной. Шли годы, а он пребывал все тем же — неутомимым и неистощимым в поисках трудно дающейся правды природы. Молодым среди молодых. И этим привлекал сердца. Общение с ним не осложнялось условностями.



Тридцатым годам — последнему предвоенному десятилетию — его неистощимая неутомимость нужна была не меньше, чем прежде. У квантовой физики все прибавлялось работы. Ядерные проблемы становились злобой дня...

В 1932-м кавендишевец Джэймс Чэдвик открыл нейтрон, еще в 20-м году предсказанный Резерфордом. Сэр Эрнест предупреждал, что такие нейтральные частицы нельзя будет удержать в сосуде: они не смогут почувствовать барьера электрических сил внутри атомов и любые стенки окажутся для них прозрачными. Они будут легко проникать даже в атомные ядра. Но сразу понято было, по меньшей мере тремя физиками одновременно: в Германии (В. Гейзенберг), Италии (Э. Майорана) и России (Д. Иваненко), — что они-то, эти нейтроны, вместе с протонами и формируют атомные ядра. Там действуют огромные и еще совсем не изученные силы взаимного — не электрического — притяжения. И ядра будут охотно захватывать прилетающие извне нейтроны. Конечно, в разных условиях с разной вероятностью и разными последствиями...

Еще младенческая к той поре, ядерная физика начала стремительно взрослеть у Резерфорда в Кембридже, у Ферми в Риме, у Иоффе в Ленинграде, у Жолио-Кюри в Париже, да и всюду, где светлые головы изучали атом. Соблазн экспериментирования с новыми частицами был тем более велик, что хороший источник нейтронов оказывался вполне по средствам даже для небогатой лаборатории.

Крупницы радия и граммы бериллия в порошке. Альфа-частицы радия выбивают нейтроны из бериллиевых ядер. Остается поставить на пути этих нейтронов исследуемые мишени. И наблюдать. И думать! А Бор однажды сказал о себе: «Если я что-нибудь немножко умею, то разве что думать...» В середине 30-х годов он еще раз продемонстрировал доступный ему — и редко достигаемый другими — уровень этого умения.

...Осенью 1935-го, когда приближалось 50-летие Бора, его институт был охвачен нейтронной лихорадкой, и ветераны сообразили, что может в дни юбилея обрадовать Бора больше всего. По призыву Дьердя Хевеши датчане, гордые мировой славой своего соотечественника, собрали 100 000 крон, чтобы преподнести юбиляру

600 миллиграммов радия. А доктора философии вместе с магистрами, студентами и лаборантами принялись терпеливо толочь в ступках дьявольски твердый бериллий. Потом, разделив подарок народа на шесть равных частей, блегдамсвейцы создали шесть источников нейтронов.

Еще больше, чем экспериментаторов, лихорадило тогда теоретиков. Опыты по захвату нейтронов атомными ядрами заставляли размышлять о ядерных реакциях вообще. В атомной сердцевине совершались неподдающиеся расшифровке события. Конечно, и там были свои квантовые уровни энергии. И возбужденное ядро, как и возбужденный атом, освобождалось от избытка энергии целыми порциями. Но несравненно причудливей, чем это делал атом, испускающий только кванты света. Иногда радиоактивные ядра тоже излучали свет, но невидимый глазу — гамма-кванты. Однако в других случаях вылетали электроны. В-третьих — альфа-частицы. Осуществлялись и иные варианты. Меж тем ядра состояли только из протонов и нейтронов. Стало быть, в этой природной лаборатории создавались микрокентавры, которых там вроде бы и не было! И как происходили в ней разные ядерные реакции, оставалось неизвестным. Еще не понимали физики и реакций нейтронового захвата. А как раз этим-то нейтронным реакциям предстояло вот-вот открыть двери в АТОМНЫЙ ВЕК со всеми его великими надеждами и великой трагичностью...

Бытовало наивно-артиллерийское представление о судьбе ядра, оказавшегося на пути снаряда-нейтрона: он попадает в одну из ядерных частиц и выбивает ее прочь. Бор писал: «От такой картины надо отказаться». Она не объясняла, отчего нейтроны захватываются ядрами, в одних случаях легко — с большой вероятностью, в других случаях трудно — с вероятностью малой. И почему ядру после захвата может быть уготована вовсе не одна и та же судьба... Нижем не рассказано, помогал ли Бор экспериментаторам толочь бериллий в ступе. Но хорошо известно, что он все думал и думал о *вероятностях* разных нейтронных реакций. И в конце 35-го года во время очередного коллоквиума на Блегдамсвей случилась минута, поразившая молодого эмигранта из Германии Отто Фриша, но не слишком удивившая ветеранов института.

«...Внезапно остановившись посреди фразы, — вспоминал Фриш, — Бор опустился на свое место, а лицо его так же внезапно стало совершенно безжизненным. Мы всполошились — не стало ли ему дурно? Но всего лишь через несколько секунд он снова встал и произнес с виноватой улыбкой: «Теперь я это понимаю!» Понимание, достигнутое им на том памятном коллоквиуме, воплотилось в идее, ставшей известной под именем *компаунд-ядра*».

Да, порою ошеломляла фантастическая способность Бора к самоуглублению — к уходу в чистую духовность от скверны любых отвлекающих второстепенностей. Это бывало крайним выражением той его «загипнотизированности», о которой говорил Эйнштейн. Так он умел думать, погружаясь в сосредоточенность.

Идея компаунд-ядра — «составного ядра» — выглядела простой до очевидности... Бомбардирующий микроснаряд не разрушает мишени, а присоединяется к ней, захваченный силами ядерного притяжения. Возникает — на время — существенно новое ядро с лишним нейтроном. «Полуустойчивое», как говорил Бор. Сколько оно проживет, это компаунд-ядро? По атомным масштабам, даже миллиардные доли секунды — долгая жизнь. Ее длительность может «в миллионы раз превышать время, какое понадобилось бы нейтрону, чтобы просто пройти сквозь ядро». И потому новое ядро «не помнит», как оно родилось. Залетный нейтрон в нем затерялся. И то, что случится — характер распада — зависит от свойств возникшего, а не исходного ядра. Все варианты распадов возможны. Надо лишь искать пути предсказания их вероятностей.

Он сам сделал одно предсказание. Оно в тысячи раз (!) расходилось с прежними прогнозами. И то, как оно тогда же было экспериментально подтверждено, маленькая история, словно бы незначай отразившая трагизм большой — социальной — истории тех дней.

2

...Стоял на дворе 1936 год. Уже более трех лет орудовал в Германии гитлеризм. Массовые аресты. Переворужение рейхсвера. Военственные угрозы. Расистский угар. Травля интернационалистов. Чистки, клевета, погромы. Обещание 50 тысяч марок за голову Эйнштейна. (Его горькая шутка: «Я и не подозревал, что моя голова стоит так дорого!») Изгнанническая судь-

ба объявленных вне закона Томаса и Генриха Маннов, Бертольда Брехта и Леона Фейхтвангера и многих-многих других, чьими голосами разговаривала с миром немецкая культура.

«— О, те тридцатые годы, они были так ужасны! — говорила историкам Маргарет Бор. — Мы задыхались из-за потока иммигрантов, Мрачной виделась перспектива: «Что же будет?»

Еще летом 33-го Нильс Бор вместе с братом Харальдом и другими известными копенгагенскими антифашистами создал Датский комитет помощи гитлеровским изгнанникам. А обладал он лишь бесплотным оружием своего научного авторитета и ограниченными возможностями немногочисленного института на Блегдам-свей. Бор открывал двери всем, кому мог. Так появились в институте новые лица, и среди них — талантливые Отто Фриш из Гамбурга и Иржи Плачек из Праги (датчане называли его Георгом, а Ландау — еще Юрой и Егором).

Они-то вдвоем и дали первое подтверждение теории компаунд-ядра... Для этого им надо было облучать нейтронами ядра золота. Они знали, что немецкие друзья Бора — молва называла имена Вернера Гейзенберга и Джеймса Франка — оставили на хранение в институте свои Нобелевские медали, боясь их конфискации нацистами. Эти медали Иржи Плачек и предложил использовать на время, как мишени для измерений: превращение считанных ядер золота в другие ядра ущерба этим реликвиям нанести не могло. Говорят, Бор спрашивал, — «Не понадобится ли для дела и его праздно хранимая медаль?..» Они все тогда не представляли, что настанет час гитлеровской оккупации Дании и у ворот института появится немецкий часовой и даже многотонный циклотрон-ускоритель будет ждать отправки в Фатерланд и находчивому Хевеши придется растворять нобелевское золото в царской водке, чтобы в неприметном сосуде сохранить его для осаждения и перечеканки уже после войны.

Еще менее мог представить себе Бор, что сама идея компаунд-ядра неожиданно — и совсем скоро! — громко отзовется в большой истории века. Правда, он нашел тогда повод заговорить в статье о компаунд-ядре про «использование ядерной энергии в практических целях», да только сделал это до крайности опрометчиво:

«...Чем обширнее становятся наши сведения о ядерных реакциях, тем отдаленнее представляется достижение этой цели».

В оправдание его опрометчивости можно бы заметить, что и Резерфорд — основоположник ядерной физики — думал также. В свое время Папа даже успокоительно добавил:

«...Я очень надеюсь, что это открытие и не будет сделано до тех пор, пока Человек не научится жить в мире с соседями».

В 1936-м шестидесятипятилетнему Резерфорду оставалось жить на свете всего год. И он уже не смог узнать того, что в канун кровопролитнейшей из войн — второй мировой — предстояло одним из первых узнать Нильсу Бору.

...В конце 38-го года немецкие радиохимики Ган и Штрассман обнаружили прежде неизвестный тип распада уранового ядра. Возникшее после захвата нейтрона компаунд-ядро делилось на две почти равные части. Старая соратница Гана профессор физики Лиза Мейтнер и ее племянник Отто Фриш, узнав из частного письма недоумевавшего Гана о новой ядерной реакции, сразу же верно поняли грандиозность открывшегося: при таком распаде должна высвобождаться баснословная энергия! (Легко подсчитывалось: деление всех ядер в куске урана могло бы встряхнуть пустыню!)

Были рождественские каникулы. Фриш гостил у высокоученой тетюшки в ее шведском изгнании, где она очутилась, несмотря на заступничество перед Гитлером самого Макса Планка. Вздурораженный до нельзя Отто поспешил вернуться в Копенгаген: надо было немедленно услышать мнение автора теории компаунд-ядра, а Бор мог с часу на час отплыть в Америку — там ему предстояла многомесячная работа в Принстонском институте высших исследований. Фриш застал Бора в последнюю минуту перед отъездом на машине в порт.

«Едва я приступил к рассказу,—вспоминал Фриш,— как Бор хлопнул себя ладонью по лбу и воскликнул: «О, какими же глупцами были мы все!.. Все так и должно быть!»

Это означало, что реакцию деления урана можно было предвидеть, да вот не умудрил господь... И словно наверстывая упущенное, едва устроившись в каюте трансатлантического лайнера «Грипсхольм», Бор начал «вгрызаться в суть» неожиданной проблемы. И естественно возник вопрос: с какими вероятностями пере-

живают деление компаунд-ядра, возникающие при захвате нейтронов двумя разновидностями урана — преобладающим в природной руде ураном-238 и в 140 раз более редким ураном-235? Ему ассистировал плывший с ним вместе Розенфельд. Но все-таки не там, не на корабле, а уже в Принстоне Бор однажды — «в течение часа», как рассказывал Розенфельд, — нашел ответ, всю *практическую* сверхважность которого отнюдь не прозревал. Ответ звучал так: редкий уран-235 — вот источник ядерной энергии...

Он отправил заметку об этом в «Физическое обозрение», пообещав подробно исследовать феномен деления ядер в соавторстве с молодым профессором Джоном А. Уилером. И это было в его глазах невинное научное сообщение — не больше...

Меж тем только что привезенная им в Америку весть об открытии немецких радиохимиков и прогнозе Мейтнер—Фриша стала уже притчей во языцех. Физики засели за круглосуточные эксперименты. Газеты сенсационно заговорили о будущих атомодробителях вместо электростанций и атомных бомбах вместо обычных. Но он в беседах с принстонцами вполне трезво «указывал на 15 веских доводов» против этих фантазий. Один довод был особенно весом: при тогдашней технике крупнейшему американскому химическому заводу пришлось бы работать 25 тысяч лет, чтобы выделить из природной урановой руды 1 грамм энергетически полезного урана-235!.. Оттого-то Оге Бор говорил потом, что в преддверии войны доводы отца служили утешением: призрак атомных взрывов удалялся в века и тысячелетия.

И снова, как бы в оправдание Бора, можно заметить, что точно так же думал Эйнштейн, «бездомный бродяга», утративший родину и навсегда осевший в Принстоне.

...Бор и Уилер трудились в институтском кабинете Эйнштейна. Камин, портьеры, люстра, ковер. Стилизованная старина не без пышности. Она напоминала Бору карлсбергскую виллу в Копенгагене, где он жил уже семь лет. Этот «Дом почета» в 1932 году был передан ему за заслуги в пожизненное пользование Датской академией. Как и Вересковский дом в Тисвиле, та вилла стала домашним филиалом института на Бледдамсвей: там неурочно — без расписания — продолжались

все те же дебаты, любимые Бором поиски решений вслух. Так он выхаживал и теорию деления в кабинете Эйнштейна, где тот не работал, предпочтя уединение в комнате попроще. Бора это не удивляло: он и сам завел себе в Карлсберге комнатку попроще для размышлений наедине — черные доски вдоль стен, стол и стул...

Эйнштейн появлялся редко: ядерная физика не была его сферой, а их неодолимые философско-физические разногласия заслонили иные тревожения времени. Эйнштейн заглядывал, чтобы вопреки врачебному запрету одолжиться у Бора табаком для трубки. И слышались сквозь годы их тревожные реплики о все новых бесчинствах гитлеризма в далекой Европе. «Год тревоги нашей» — могли бы говорить они потом о той поре. Бор уплывал домой в апреле, и они простились, исполненные еще большей тревоги, чем прежде: оба знали, что за германской оккупацией Чехословакии уже последовал захват Мемеля на Балтике.

Та тревога — не личностная, а мировая! — заставила Эйнштейна летом 39-го подписать историческое письмо президенту Рузвельту. Он, уверенный, как и Бор, в технической неосуществимости взрывной реакции деления урана, все-таки предупреждал, что Гитлер уже наложил лапу на чешскую урановую руду и немецкие физики, по-видимому, уже начали работу над атомной бомбой. Неисповедимы пути ищущей мысли и вдруг невозможное станет явью. Стало очевидно: если Гитлера не опередить, мир погибнет!.. А Бор о строго конфиденциальном письме Эйнштейна ничего не ведал. И его неверие в А-бомбу еще ничем поколеблено не было. Он только чувствовал: грядет война. Но чем обернется она для физиков и как драматически сложится его собственная судьба, не догадывался даже в часы самых мрачных раздумий.

1 сентября 1939 года германские войска вторглись на рассвете в Польшу. И покатился обвал истории: вторая мировая война стала явью... А через семь месяцев — в апреле 40-го — стала явью немецкая оккупация маленькой Дании.

3

Материализовалась метафора Гамлета: «Дания — тюрьма».

Формально страной еще продолжали править датские власти, капитулировавшие без сопротивления. Но со дня на день могли быть введены законы нацистского рейха. Институт на Блегдамсвей перестал быть прибежищем для физиков-изгнанников из Германии, Венгрии, Чехословакии, Польши... И в любую минуту мог очутиться в соседствующих с институтом подвалах гестапо сам «датский полуеврей Нильс Бор... великий гений» (из одного досье в архиве Геринга). В том черном апреле телеграфные приглашения от научных центров и старых друзей по обе стороны океана предлагали ему убежище, должности, кафедры. Но он и Маргарет сразу приняли решение: они останутся на родине до крайней черты...

Датское сопротивление — «подземное правительство» — взяло его под свою защиту. На него смотрели, как на национальную ценность — не реликвию, но действующую силу. Само Сопротивление нуждалось в нем, как в духовном источнике стойкости и оптимизма. Избранный в последнем предвоенном году президентом Датской академии, стал он в годы оккупации непреклонным стражем независимости датской культуры. В нем открылся публицист-политик. «Наше мышление — это наше сопротивление» — говорили своим подтекстом его статьи и речи. В постепенно пустеющем институте все скудело. Иссякали и его научные публикации. Но продолжал звучать голос профессора Нильса Бора, обращенный уже не к узкому кругу коллег, а просто к людям — бедствующим его современникам.

До крайней черты все дошло в сентябре 43-го года. Германская армия была уже не той, что в 40-м. Еще в феврале Бор услышал по радио, — тайком, у себя в Карлсберге, — восторженные слова Рузвельта:

«...Красная армия и русский народ наверняка заставили вооруженные силы Гитлера идти по пути к окончательному поражению...»

Дорого было услышать это краткое «наверняка»! В Дании все злее становился террор отчаяния оккупантов. В августе были разгромлены крошечные датские гарнизоны. В сентябре на территории Датского королевства начали вводиться расистские законы Германии. И как-то утром в Карлсберг забежал брат Маргарет с сообщением от подпольщиков: в Берлине отдан приказ об аресте президента Датской академии и его брата

профессора Харальда Бора. Сопротивление немедленно организовало бегство.

Перед рассветом 30 сентября рыбацкая шхуна высадила на берегу нейтральной Швеции Нильса Бора и Маргарет с маленьким чемоданом изгнания на двоих. Другим маршрутом рыбаки доставили в Швецию и Харальда с семьей. А в одну из следующих ночей — всех мальчиков Бора, впрочем, давно уже повзрослевших. Среди спасенных была и первая внучка Бора — полугодовалая Анна. Ее переправили через Зунд в базарной кошелке жены одного шведского дипломата.

(А длился меж тем цивилизованнейший из веков — двадцатый от рождества Христова!)

Еще через двенадцать ночей на глухом аэродроме в Шотландии приземлился английский бомбардировщик «Москито» с самым необычным грузом в бомбовом отсеке: там лежал с парашютом на спине и сигнальными ракетами в руках потерявший сознание 58-летний датский профессор. На сверхгималайской высоте — 10 000 метров — он не услышал команды пилота включить кислород: наушники стандартного шлемофона на его голове нестандартного размера попросту не доставали до ушей.

Он не знал, *зачем* вывезли его в стиле тайной военной операции из кишевшего немецкими агентами Стокгольма в воющую Англию. Приглашение лорда Чэруелла — советника Черчилля по научным вопросам — этого не объясняло. Но через месяц в ноябре 43-го — он плыл в Соединенные Штаты, прекрасно зная *зачем*: ему была предложена роль консультанта при англо-американском атомном проекте с правом решать самому, «как он может помочь *общему делу*». Этим делом была тогда победа над Гитлером, для которого немецкие физики делали А-бомбу.

Да, гора давящей и непредвиденной информации навалилась на Бора в Англии — все, чего в течение трех лет не мог он услышать ни по какому радио: атомные взрывы из теоретического призрака превратились в технологическую проблему и гигантские ресурсы были брошены на ее решение. Его «15 веских доводов» против за три года развеяла история — не идей, а людей!

«...Существовало кое-что, чего он не предвидел: то была, — писал Отто Фриш, — фантастическая изобретательность физиков и инженеров союзных государств,

движимых страхом, что Гитлер сможет заплучить решающее оружие раньше, чем его создадут они».

Перед отплытием Бора в Штаты лорд Чэруелл, — в прошлом кембриджский физик, — задал ему странный для физика вопрос: «А взорвется ли *она* согласно теоретическим выкладкам?» Бор ответил не только, как физик: «Разумеется, *она* взорвется. Но *что будет дальше?*» Всю провидческую печаль этого ответа советник Черчилля смог оценить лишь позднее...

4

Бор уже подплывал к берегам Америки, сопровождаемый сыном Оге как секретарем и двумя британскими детективами как телохранителями, когда после долгого путешествия в сумках дипкурьеров добралось до советского посольства в Лондоне важное письмо из Москвы. Оно лежало нераспечатанным у советника К. Зинченко, дожидаясь возвращения Бора в Англию из секретной отлучки «в неизвестном направлении». А тем временем некий мистер Бейкер с сыном Джимми, никогда не покидавшим отца, появлялся то в Вашингтоне (в британском посольстве), то в долине Теннесси (на Объекте-Икс, где уран-235 отделяли от урана-238), то в нагорном Лос-Аламосе (на Объекте-Игрек, где конструировали А-бомбу). Сменные ребята атомного генерала Гроувза не спускали глаз с этого сидящего господина и передавали друг другу охраняемого под расписку: сдан и получен «ин гуд кондишн» (в хорошем состоянии). И делалось это не зря. В то пору эсэсовский генерал, негодуя на исчезновение Бора из Дании и Швеции, сказал Вальтеру Герлаху, руководителю немецких физических исследований: «Бора необходимо ликвидировать!» Сам мистер Бейкер постоянно совершал промахи против конспирации, но кривая его вывозила...

Европейские изгнанники, делавшие в Америке все, чтобы опередить нацистов, давние ученики и друзья Бора, вспоминали потом, как часто он бывал угнетен, молчалив и задумчив. Они не знали, какую добровольную миссию он тогда взвалил на себя. А она прямо вытекала из его тревожно пророческого вопроса к советнику Черчилля: «...но что будет дальше?». Он задал этот вопрос, точно предвидя ответ истории.

...Взрыв А-бомбы после неминуемого поражения вра-

га окажется «вызовом цивилизации» (так назовет он свое выступление в печати сразу после Хиросимы).

...Монопольное владение атомным оружием приведет Соединенные Штаты и Англию к политике атомного шантажа (он будет писать об этом Объединенным нациям и после войны).

...Создавая А-бомбу втайне от врага, нельзя ее делать втайне от своего союзника — России, ибо это значит после победы проиграть мир (он первым выдвинет идею международного контроля над атомным оружием за полтора года до его испытания).

Он осознал свою антиатомную миссию, как только приступил к обязанностям консультанта атомного проекта. И начал действовать, как только прибыл в Вашингтон. И не спрашивал одобрения генерала Гроувза. Свой штат, включавший лучших европейских физиков-антифашистов, генерал окрестил в Лос-Аламосе «величайшей коллекцией *чокнутых*, какой еще не видывал свет». Бор был для него самым *чокнутым*, сумевшим непонятными чарами втянуть «в какую-то свою игру» даже американского президента и английского премьера! И генералу пришлось смириться с длительными поездками мистера Бейкера — даже за океан... В апреле 44-го военный самолет перенес Бора через океан для встречи с Черчиллем — для изложения позиции Рузвельта: в принципе президент одобрял соображения Бора.

А среди них был пункт: проинформировать об атомном проекте русских союзников! И Бор выражал готовность отправиться для этой цели в Россию!.. Меж тем еще месяц назад на докладной записке об идеях Бора железная рука Уинстона Черчилля уже поставила рычащую резолюцию: «Ай ду нот эгри!» (Я не согласен!). Удивительно ли, что аудиенция у премьера все откладывалась, а когда состоялась, окончилась провалом:

«С Даунинг-стрит, — вспоминал Оге, — отец вернулся удрученным... Черчилль едва не наговорил ему бранных слов».

Тем временем дошло, наконец, до Бора в Лондоне письмо из Москвы. Разумеется, он тотчас показал его «кому надо» — по долгу своей сугубой засекреченности. Там прочли:

28 октября 1943 г. Москва.

Институт физических проблем.

Дорогой Бор!

Мы здесь узнали, что Вы покинули Данию и находитесь в Швеции... Я хотел бы дать Вам знать, что Вас ожидал бы радушный прием в Советском Союзе... Мы, ученые, делаем все, чтобы наши знания послужили победному исходу войны... Даже смутная надежда на то, что Вы сумеете приехать и жить с нами, окрыляет всех наших физиков — Иоффе, Мандельштама, Ландау, Вавилова, Тамма, Алиханова, Семенова и многих других. Они просят меня передать Вам их сердечные приветы... Вы для нас не только великий ученый, но и друг нашей страны... А что касается лично меня, то я всегда соединяю Ваше имя с именем Резерфорда, и глубокая любовь к нему, общая нам обоим, прочно связывает нас и между собой...

Ваш Петр Капица.

Волнующие воспоминания мирных времен пробудило это письмо в душе Бора, дважды — в 1934-м и 1937-м — побывавшего в Советском Союзе. Он не мог забыть, как московская молодежь штурмовала аудитории в Политехническом и в университете, где ему довелось выступать. Это выглядело воплощением в жизнь давних слов отца: «Люди будут приходить к Нильсу и слушать его!». Приветы, переданные Капицей, оживили в памяти философские и теоретические споры с русскими коллегами в Москве, Ленинграде, Харькове... Ему подумалось — не затем ли зовут его, чтобы он и там помог *общему делу*?! Да ведь это было бы совершенно в духе взятой им на себя миссии! Но... — он отлично понимал, какая зияла пропасть между тем, что он хотел бы, и тем, что имел право ответить Петру Капице.

Он написал пылкие слова благодарности. Выразил радость «товарищества в битве за идеалы свободы и человечности». Рассказал о «повсеместном восхищении почти неправдоподобными свершениями Советского Союза за эти годы». А закончил фразой, полной веры — тоже почти неправдоподобной — в возможный успех его сокровенных намерений:

«...У меня есть немало оснований надеяться, что скоро я в самом деле смогу принять Ваше добрейшее приглашение и отправлюсь в Россию с долгим или коротким визитом, и как только уточнятся мои планы, я снова Вам напишу... Всегда Ваш — Нильс Бор».

Этот поистине удивительный текст санкционировали и Джон Андерсон, член военного кабинета Черчилля, и секретная служба Англии. Но планы Бора «уточнила»

все та же железная рука сэра Уинстона. Она начертила — в записке лорду Чэруеллу:

«...Бора следовало бы заключить в тюрьму или, в любом случае, предупредить, что он находится на грани преступления, караемого смертной казнью!»

И в мотивировке — среди вздора очевидной неправды — снова рычащее негодование по единственно правдивому поводу: «Он — ярый сторонник гласности...» К счастью, высокопоставленные Андерсон и Чэруелл, вознегодовав на шефа, показали ему, что он «залаял на воображаемое дерево». Однако осенью 44-го в резиденции Рузвельта Черчилль все-таки настроил президента против Бора и его идей. Перед непостижимо бескорыстным датчанином закрылись двери и Белого дома.

Он увидел: сильными мира сего его служение человечеству отвергнуто. Но оставалось само человечество. И он не позволил иссякнуть своим надеждам на «Открытый мир» после войны — мир без атомного шантажа и без политики силы! Он продолжал быть сеятелем, действительно вышедшим до звезды...

5

Кончилась война. А его все не отпускали: он должен был доигрывать роль консультанта, хотя позднее искренне уверял: «им не нужна была моя помощь в изготовлении атомной бомбы».

Поверженная Германия призраком своей несостоявшейся А-бомбы больше не грозила. И для *чокнутых* их долгая самоотреченная работа потеряла первоначальный героический смысл. Роберт Оппенгеймер, глава Лос-Аламоса, говорил о Боре:

«Он был слишком мудр и потому безутешен... Мы сделали работу за дьявола».

Все, что ему удалось, это не участвовать в испытании дьявольского творения на пустынном полигоне в Аламогордо. Месяцем раньше — в июне 45-го — он стоял на своем возвращении в Англию. И там окончилась его почти двухлетняя разлука с Маргарет. Но лишь на исходе августа — через три с половиной месяца после победы над Германией — смог он, наконец, увидеть оставленных сыновей, брата Харальда, тетю Ханну (восьмидесятишестилетнюю, чудом уцелевшую в годы оккупации)...

Чуть ли не в первый день приезда он, как это бывало обычно, поехал на велосипеде из Карлсберга в

свой институт. Успевшие за лето вернуться из рассеяния, старые сотрудники встретили его во дворе. Растроганные и взволнованные, как он сам, они вручили ему новые ключи от института — символ возрождения к новой жизни.

А вскоре — 7 октября 45-го — Дания и весь научный мир поздравляли его с 60-летием... Вечером ему сообщили по телефону, что через весь Копенгаген движется к Карлсбергу факельное шествие студентов. Он вышел на ступени своего Дома почета — высокий, но уже сутулящийся, похожий на стареющего пастора и на стареющего рыбака. В свете факелов он видел молодые лица, к нему обращенные. Была минута — из счастливейших в его жизни. Судьба одарила его единством с юностью века. Ему оставалась незнакомой вечная проблема отцов и детей.

...Продолжалась его деятельная жизнь в науке. Он по-прежнему почитался лидером длящейся квантовой революции, а Копенгаген — столицей квантовой физики. Вокруг неклассической картины природы с ее вероятностной причинностью еще вспыхивали шумные полемик. У эйнштейновской «драмы идей» последнего акта не предвиделось, и Бор не уходил со сцены. Стареющий, он не старел. В конце 50-х годов стал широко известен его крылатый приговор одной теории (Вернера Гейзенберга):

«Нет сомнений, что перед нами безумная теория, но весь вопрос в том, достаточно ли она безумна, чтобы оказаться еще и верной!»

Эту блистательную мысль повторяют с тех пор на всех перекрестках науки. Стоит помнить, что высказал ее 73-летний ученый — не юнец! Его собственное «достаточное безумие» не скудело до конца. И по-прежнему сохраняло его молодым среди молодых. Они, как встарь, тянулись к нему со всего света.

Институт на Блегдамсвей обстраивался и разрастался. В нем работали физики из 35 стран. И эта интернациональная вседоступность института радовала его сердце: то была хоть и малая, да зато действующая модель «Открытого мира» в атомной науке — отблеск его любимой идеи, не давшей всходы в трагические дни войны. А теперь в его институте, под его эгидой, русский и американский физики впервые вели исследование по ядерной проблеме *совместно!* Наши теоретики и экспе-

риментаторы из курчатовского института атомной энергии, равно как из лабораторий Дубны, стали частыми визитерами, а порой и многолетними сотрудниками на Блегдамсвей... Он ввел «достаточно безумное», а потому верное правило: каждому работающему вручался ключ от здания. Можно было и трудиться в любое время. У одних шли долгие опыты, другим хорошие мысли приходили на ум в бессонницу, и ночной сторож должен был знать английский, да еще немного разбираться в физике, так что на эту должность принимали по конкурсу... А в институтском буфете он повелел завести на столах отрывные блокноты и ручки — для тех, кто и за трапезой не может не спорить или вычислять... И все ощущали его молчаливую заповедь: наука — не служба, а страсть! («Страдание мыслей, лежащих на сердце».)

В конце 50-х ему удалось осуществить свою мечту, противостоящую атомной бомбе. Западнее Копенгагена, вблизи от берегов фиорда, где застыли останки кораблей древних викингов, возникла белая флотилия современных зданий для реакторов и лабораторий — мирный Атомный центр Дании. Его девизом стало: «Никаких исследований для военных целей!». И там, в Рисё, материализовалась та же идея «Открытого мира».

6

...Его печалило и угнетало, что эта идея была по-прежнему далека от воплощения в послевоенной истории *землян* (только такую глобальной мерой мерил он теперь все происходящее, потому что глобальным был «вызов цивилизации», брошенный ядерным оружием). Но он верил, как всегда, в лучшие времена и делал то небольшое, что мог, ради их приближения. Он много странствовал — по Европе, Америке, Азии. И всюду, где это могло иметь хоть какое-нибудь значение, встречался с государственными деятелями. Говорил, убеждал. В Америке — писал меморандумы, совсем как в дни Лос-Аламоса. И как тогда, кончались ничем эти попытки защитить идею «Открытого мира» в закрытых «коридорах власти». К концу 40-х годов он излечился от прекраснотушных иллюзий добиться успеха в этих коридорах. И в июне 50-го года громогласно — через ООН — заговорил о решающих проблемах миролюбивого сотрудничества атомных держав. Он написал «Открытое письмо Объединенным нациям».

Он рассказал на его страницах о своих многолетних тщетных усилиях. Обильно процитировал свои прежние меморандумы, носившие гриф секретности. И показал, что он — не мечтатель: трезво произнес слово *утопия* рядом со словами об *открытом мире* и *международном контроле*, но доказательно заявил, что у человечества нет иного пути, кроме претворения этой утопии в жизнь. (Так ныне трезво произносится на всех широтах: «Иной альтернативы нет!»)

Приобщенное к документам ООН, его письмо не осталось гласом вопиющего в пустыне. Вместе с текстом его «Вызова цивилизации» оно вошло ценнейшим вкладом в интернациональную антиатомную публицистику движения сторонников мира. И ценность его вклада была в том, что он говорил голосом великого авторитета в атомной науке. Символом его веры было: никому не перепоручать и не передоверять ответственности за будущее — она лежит на каждом из нас в отдельности, как и на целых народах!.. Сохранилось его сдвоенное признание последних лет жизни, звучащее совершенно невероятно в первой своей половине и совершенно естественно во второй (записал его старый университетский ученик и друг Дж. Руд Нильсен):

«Квантовая теория больше не влечет меня к своим проблемам (!). Ныне первостепенная проблема — найти путь к предотвращению ядерной войны!».

С трибун научных конгрессов и в застолье дружеских приемов, дома и за границей он теперь неизменно заговаривал о своем письме. Это стало для него потребностью души. В университетской типографии он отпечатал тонкую белую брошюрку с заветным текстом. Она походила на обычный репринт из научного издания. А еще больше — на репринт духовной проповеди, раздаваемой единоверцам и тем, кого хотят обратить в свою веру. Он и раздавал ее собеседникам — ближним и дальним. В близких и далеких странах.

Ранним летом 1961 года семидесятишестилетний, но все еще легкий на подъем он в третий раз (и последний) путешествовал по Советскому Союзу с Маргарет и Оге. В горах Кахетии, у прозрачного родника, на веселом пикнике, он вдруг «вынул откуда-то» свой белый репринт, и все поняли, что экземпляры письма он постоянно носит с собой! Сделав добрую дарственную, он протянул письмо главе грузинских физиков Э. Ан-

дроникашвили. Как единоверцу — просто на память об себе. В Москве он с теми же чувствами подарил свою проповедь мира Капице, Ландау, Тамму... В Дубне — тем, кто десятилетие спустя, в 70-х годах, назвал «нильсборием» новый, открытый ими, лабораторно созданный элемент-105. «В честь его неоценимых научных и общественных заслуг перед человечеством» (акад. Т. Флеров).

Чувствуется: Бор рассматривал то «Открытое письмо» как свое духовное — гуманистическое — завещание людям.

7.

В августе 1962 года он отпраздновал золотую свадьбу с Маргарет, всепонимающей и неизменно красивой, точно неподвластной годам. Он ощущал себя счастливецем, обманувшим время.

Однако обмануть время все-таки нельзя. И 7 октября он в последний раз встречал свой день рождения — семьдесят седьмой... Несколько отяжелевший после недавно перенесенного микроинфаркта, массивный, со скульптурно нависшими бровями и гравюрно вырезанными морщинами на лбу, он выглядел патриархом среди своих сыновей и пятнадцати внуков да внучек. Сверх того он еще и прадедом стал. И уже повторялись в его роду имена: жили на свете маленькие Нильс и Маргарет, Кристиан и Ханна... Они жили в совсем другом мире, чем тот, в каком начиналась его жизнь.

Тогда просто еще не было ни автомобилей, ни авиации, ни кино, ни радио, ни телевидения, ни электроники, ни атомной энергии, ни космических полетов... И веселила мысль, что все это появлялось, пока жизнь последовательно превращала его из младенца в отрока, юношу, зрелого мужа, наконец, в старика. Небывалое вырастало на его глазах, изменяя земную цивилизацию. Да ведь при его же немаловажном участии оно и вырастало... Какое заслуженное удовлетворение доставляло, наверное, это острое осознание *историчности* прожитой жизни! И будто по замыслу самой истории, жизнь одарила его напоследок вниманием историков — летописцев той научной революции, лидером которой он был. Но это сегодня так видится — «напоследок», а той осенью 1962-го окружающим казалось: ему еще жить да жить!

...Историки приехали вскоре после его дня рожде-

ния. Он устроил их в Карлсберге. Было условлено заранее: под его опекой они проведут свой «европейский год» по сбору материалов для архива историй квантовой физики. Идея такого архива возникла на рубеже 60-х годов. Уходили из жизни ветераны эпохи бури и натиска, когда так драматически создавалась современная физическая картина глубин материи. Уже ушли — Зоммерфельд (1951), Крамерс (1952), Ферми (1954), Эйнштейн (1955), Паули (1958), Иоффе (1960)... А с ними ушли и бесценные свидетельства того, *как дело было*. В январе 1961-го скоропостижно скончался Шредингер. «Вы слышите, по ком звонит колокол...» — сказал глава архивного комитета Дж. А. Уилер — принстонский соавтор Бора по теории деления ядер. Это означало — надо спешить. Вымирали мамонты...

Обосновавшейся в Копенгагене группой руководил известный историк науки Томас Кун. Собираателей ожидала громадная работа. Только в научной переписке Бора насчитывалось больше 6 тысяч писем. Только в ранней части рукописных материалов — около 6 тысяч страниц. Но все это можно было разобрать и обработать позднее. И к счастью, Томас Кун без промедления начал главное — запись живых рассказов Бора о былом. 31 октября, потом 1 ноября, 7 и 14 запечатлевала магнитофонная лента шестичасовое блуждание памяти Бора по тропам прошлого — он сладостно погружался в него, доискиваясь правды своего духовного созревания. Еще час длилось в субботу 17-го пятое интервью. Оно оказалось последним, хотя довело его воспоминания и расспросы историков лишь до рубежа 20-х годов.

Ах, приехать бы историкам раньше!.. 18 ноября, в воскресенье, когда были в Карлсберге гости, у него заболела голова. Он ушел к себе. Прилег. И не проснулся. Ушел в историю. Ему выпала счастливая смерть — без мученического расставания с жизнью — без умирания...

...Его похоронили в Копенгагене на старом Ассистентском кладбище, где покоятся странный сказочник Андерсен и странный философ Кьеркегор. Вековые деревья. Каменные надгробья. Голоса птиц. И тишина. Мраморная плита с его неумирающим именем — рядом с такими же плитами над прахом тех, кого он любил и кто ушел раньше; рядом с отцом, матерью, старшим сыном Кристианом и младшим братом Харальдом...

Когда ровно четверть века назад, глубокой осенью 1937 года, он примчался с конгресса в Болонье на скорбный обряд погребения Резерфорда, ему, всегда чуждавшемуся всякой религиозности, послышалось простое человеческое утешение в словах субдекана Вестминстерского аббатства: «Мы благодарим Тебя за труды и дни брата нашего Эрнеста». Теперь, глубокой осенью 1962-го, те, кто Бора провожал в историю, тоже могли бы хоть немного утешиться теми же словами, обращенными к роду человеческому, к природе, к жизни, ко всему, к чему позволено обратиться на «Ты» с большой буквы:

— Мы благодарим Тебя за труды и дни брата нашего Нильса.

ЛИТЕРАТУРА

Бор Нильс. Избранные научные труды (серия «Классики науки»): Т. I. Статьи 1909—1925. М., Наука, 1970. Т. II. Статьи 1925—1961. М., Наука, 1971.

Бор Нильс. Атомная физика и человеческое познание. М., ИЛ, 1961.

Нильс Бор и развитие физики. Сборник. М., ИЛ, 1958.

Памяти Нильса Бора. УФН. Т. 80, 2. М., 1963.

Нильс Бор. Жизнь и творчество. Сборник. М., Наука, 1967.

Е. М. Кляус, У. И. Франкфурт, А. М. Френк. Нильс Бор. М., Наука, 1977.

Д. Данин. Нильс Бор (серия ЖЗЛ). М., Молодая гвардия, 1978.

Д. Данин. Избранное. М., Советский писатель, 1984.

Данин Даниил Семенович

ТРУДЫ И ДНИ НИЛЬСА БОРА

Гл. отраслевой редактор Л. А. Ерлыкин. Редактор К. А. Кутузова. Мл. редактор Н. А. Сергеева. Обложка художника А. Е. Григорьева. Худож. редактор М. А. Гусева. Техн. редактор Л. А. Солнцева. Корректор В. В. Каночкина.

ИБ № 7307

Сдано в набор 05.12.84. Подписано к печати 23.01.85. Т 03749. Формат бумаги 84×108^{1/32}. Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 4,20. Усл. кр.-отт. 4,41. Уч.-изд. л. 4,49. Тираж 33 910 экз. Заказ 2434. Цена 11 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 854003. Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.