

А. Пайс

# ГЕНИИ НАУКИ

Перевод с английского Е. И. Фукаловой  
Под редакцией к.ф.-м.н. С. Г. Новокшенова



Москва

2002

---

Интернет-магазин

**MATHESIS**

<http://shop.rcd.ru>

- физика
  - математика
  - биология
  - техника
- 

### **Пайс А.**

Гении науки. — Москва: Институт компьютерных исследований, 2002, 448 стр.

В этой книге Абрахам Пайс, сам являясь выдающимся физиком-теоретиком, рассказывает о других великих ученых, с которыми он был знаком.

На страницах этой книги мы встретим молчаливого Поля Дирака; Макса Борна, который придумал термин «квантовая механика»; Вольфганга Паули, известного своим принципом запрета; Митчелла Фейгенбаума, создателя теории хаоса, и Джона фон Неймана, одного из самых влиятельных математиков прошлого столетия. Не забыл Пайс также Альберта Эйнштейна и Нильса Бора, полные биографии которых он уже писал в отдельных книгах.

Книга полна исторических фактов, точных характеристик описываемых личностей и их научных достижений, а потому будет интересна широкому кругу читателей.

**ISBN 5-93972-168-0**

© Перевод на русский язык,  
Институт компьютерных исследований, 2002

<http://rcd.ru>



Ханс Крамерс в главной аудитории института Нильса Бора, Копенгаген, 1936 г. (С любезного разрешения архива Нильса Бора, Копенгаген.)

---

# Хендрик Энтони Крамерс: личный взгляд на его жизнь и науку\*

Я писал свой диплом в Амстердаме, заканчивая учебу в феврале 1938 года. После этого я изучал теоретическую физику с Джорджем Уленбеком в Утрехте. Всю весну 1938 года я регулярно ездил к нему из Амстердама, где все еще жил. Через некоторое время Уленбек сказал, что скоро даст мне возможность работать над теоретической задачей. Но сначала он посоветовал мне непременно прочитать учебник по квантовой механике Хендрика Энтони Крамерса для друзей, среди которых было уготовано место и для меня, Ханса. Это был самый выдающийся теоретик того времени. Я успешно учился. Во время одного из визитов к Уленбеку, дверь его кабинета вдруг открылась без всякого предварительного стука, в нее влетел человек и, никого не поприветствовав, занял место прямо напротив доски. Он несколько секунд изучал то, что на ней было написано, затем повернулся к Уленбеку и наконец заговорил: «Вам нужен *schleifenintegral*,\*\* специальный математический термин». Это была моя первая встреча с Крамерсом, с которым позднее мне было суждено встречаться часто.

Весной 1939 года Уленбек сообщил мне, что на предстоящий учебный семестр он приглашен в качестве профессора в Колумбийский университет в Нью-Йорке. Конечно, для меня это было разочарованием. Перед отъездом он сказал, что поговорил обо мне с Крамерсом в Лейдене, и Крамерс выразил готовность принимать меня время от времени для обсуждений. Поэтому несколько раз в месяц я ездил в Лейден, посещая при случае и знаменитый, так называемый, коллоквиум Эренфеста. Беседы с Крамерсом показали его необычайную глубину мышления не только в вопросах

---

\*Расширенная версия лекции, прочитанной 14 сентября 1995 года в Эйндховенском технологическом университете, Нидерланды, по случаю столетия со дня рождения Крамерса.

\*\*Интеграл по контуру. — Прим. перев.

физики, но и по другим многочисленным аспектам человеческой культуры. Он был очень музыкален, и мне скоро предстояло убедиться в том, что он прекрасно играет на виолончели. Однажды он рассказал мне следующую историю, связанную с музыкой: однажды он пошел на музыкальный концерт, причем исполняемые произведения были одними из его самых любимых. В середине концерта он встал и ушел, объяснив, что вдруг поймал себя на том, что мысленно рассчитывал энергетические уровни атома кислорода и был не способен одновременно сосредоточиться на музыке. Для него это было слишком. Он больше никогда не посещал концерты, но продолжал играть сам, потому что это не отвлекало его внимания.

Мое знакомство с Крамерсом переросло в дружбу, которая длилась до самой его смерти в 1952 году.

Я должен многое рассказать о своих отношениях с Крамерсом. Я расскажу не только о том, как я пришел к мнению, что он является одним из самых великих физиков XX века — факт, получивший, возможно, недостаточную полную оценку в более широких кругах. Я расскажу еще о том, как он спас мою жизнь. Но мне бы хотелось начать с его научной карьеры<sup>a</sup>.

---

Ханс родился в Роттердаме 17 декабря 1894 года в доме на Кулсингел (Coolsingel), 47, принадлежавшем их семье. Отец, врач по профессии, был человеком сильным и прагматичным. Мать, Сюзанна, урожденная Бройкельман, была очень ранимой, нежной и любящей. Семья была очень сплоченной и принадлежала к верхнему слою среднего класса — приличное кальвинистское окружение с викторианскими чертами, — не особенно состоятельная, но с хорошим заработком. У Крамерса было четыре брата, во взрослой жизни все его братья преуспели. Двое стали физиками, один — инженером-химиком. Ханс и его самый старший брат Ян, который был известным специалистом по арабскому языку, стали выдающимися профессорами в университете Лейдена. В раннем возрасте Ханс выказывал интерес, скорее, к литературе, чем к науке. Его дружба с Яном Ромейном, выдающимся голландским историком, началась в пять лет и продолжалась до смерти Ханса.

Крамерс получил обычное голландское образование — шесть лет начальной и пять лет средней школы. За эти годы его интерес к литературе углубился и расширился, включив в себя литературную критику, философию, историю культуры и теологию. В средней школе ему с легкостью давались математика и физика, и он начал всерьез интересоваться физикой и химией. Когда

он в 17 лет закончил школу, его произведения уже были хорошо известны, а кроме того, у него развился интерес к музыке. Как я уже говорил, он был хорошим виолончелистом. Крамерс решил поступать в университет и изучать физику. Но это решение не было для него легким. В своем дневнике он с сожалением писал о тех требованиях, которые ставит перед ученым наука: «Человек, занимающийся наукой, должен пожертвовать своей индивидуальностью ради своей отрасли<sup>3</sup>».

Тем не менее, Крамерс не мог поступить в голландский университет без дополнительной подготовки. Дело в том, что его школьное образование не включало изучение латинского и греческого языков, без знания которых нельзя было поступить в университет. Лишь в 1918 году этот закон был отменен<sup>b</sup>. Поэтому в 1911–12 годах Крамерс был занят изучением этих языков. Он смог подготовиться к обязательному экзамену по латыни и греческому языку быстро, в течение одного года. Он так хорошо выучил эти языки, что потом до конца своей жизни получал удовольствие, читая в оригинале латинских и греческих авторов. Особенно ему нравились Цицерон, Гораций и Гомер.

В сентябре 1912 года Крамерс поступил в университет Лейдена. Он серьезно относился к учебе, изучая механику и термодинамику. Математику он тоже изучал, причем в большем объеме, чем требовалось официально, став великолепным специалистом в этой области.

Ханс принимал активное участие и во внеаудиторной деятельности. Он вступил в лейденскую студенческую корпорацию: высокомерное братство с ограниченным доступом, где, впрочем, долго не задержался. В течение какого-то времени он был главным редактором литературного студенческого журнала *Minerva* и принимал участие в организации международного обмена студентами.

Самыми важными знакомствами в студенческие годы для Ханса были знакомство с Хендриком Антоном Лоренцом, самым выдающимся голландским физиком своего поколения, и с Полем Эренфестом, последователем Лоренца. Он посещал знаменитые утренние занятия Лоренца, специальный курс. Позднее Ханс сказал, что смотрел на Лоренца, как «маленький, маленький мальчик впервые, во все глаза, смотрит на настоящую королеву<sup>4</sup>». Он часто обращал внимание на свои инициалы Х. А., как предрасполагающие его к предмету физики, поскольку инициалы Лоренца были такими же.

Глубокое впечатление произвел на Ханса Эренфест. Ханс высоко оценивал его педагогический талант. Уважение было взаимным. Когда Эренфесту случалось отсутствовать в университете,

он иногда просил Крамерса заменить его на лекциях. Но, тем не менее, их отношения так и не получили развития, главным образом, потому что Эренфест рассматривал интеллектуальные привязанности Крамерса за пределами области физики как опасное болото. Когда Ханс сдал ему экзамен на получение степени *doctorandus* (примерный эквивалент степени магистра), Эренфест намекнул на то, что ему лучше стать учителем в средней школе, чем активно заниматься исследованиями в области физики.

И так, весной 1916 года Крамерс преподавал математику и физику в школе в Арнеме (Arnhem), но продолжалось это лишь два месяца. Он скоро почувствовал желание вернуться в исследовательский мир и отправиться за границу проводить исследования. Его выбор пал на Данию, прежде всего потому, что летом 1916 года в Копенгагене должна была состояться международная конференция, которую он мог посетить как должностное лицо. По этой причине он написал письмо Нильсу Бору. В это время Хансу был 21 год, а Бору — 31.

---

В 1913 году Бор получил мировую известность как основатель применения квантовой теории в динамике, если быть более точным, к структуре атомов и молекул. Но лишь 1 апреля 1916 года он был назначен профессором в университете Копенгагена, возглавляющим кафедру по теоретической физике. В это время университет еще не обзавелся собственным научно-исследовательским институтом по физике, поэтому с 1916 по 1920 годы кафедра Бора размещалась в Копенгагенском *Politekniske Laereanstalt* (сейчас Технический университет Дании). В его распоряжении было лишь маленькое помещение в 150 квадратных футов.

В августе 1916 года Бор получил письмо, написанное в Копенгаген молодым голландцем, о котором он никогда не слышал. В нем, в частности, говорилось:

Проф. Н. Бор! Для начала позвольте представиться. Я голландский студент, изучающий математику и физику в Лейдене. . . Я сдал все экзамены. Я хочу получить звание *доктора*. . . Поскольку мне не хотелось ехать в страну, которая находится сейчас в состоянии войны, я решил приехать в Копенгаген. И, конечно же, прежде всего мне хотелось бы познакомиться с *Вами* и Вашим братом Харальдом<sup>c</sup>. Я буду очень рад, если Вы позволите мне нанести Вам визит, когда я буду в Копенгагене. . . С большим уважением, Х. А. Крамерс<sup>5</sup>.

После встречи с Крамерсом Бор решил дать ему шанс, и, как оказалось, это было превосходным решением. Так Ханс стал первым в длинном ряду ассистентов Бора, многие из которых про-

славили свое имя. Осенью 1916 года началось сотрудничество Бора и Крамерса, которое, с небольшими перерывами, длилось до 1926 года.

Первоначально Бор с Крамерсом делили небольшой кабинет Бора. Бор выделил Крамерсу стипендию из тех средств, что были в его распоряжении. Уже в 1917 году Бор смог написать: «Я очень доволен сотрудничеством с Д-ром [*sic*] Крамерсом, которого я считаю безусловно талантливым и с которым я связываю большие ожидания»<sup>6</sup>. Бор присутствовал на защите докторской диссертации Крамерса (по квантовой физике), которая проходила в Лейдене в мае 1919 года. В этом же месяце Крамерс получил должность научного сотрудника в Копенгагене. В 1923 году он стал преподавателем. «Годы, проведенные в Копенгагене с 1916 по 1925 стали свидетелями метеорического взлета [Крамерса] от новичка в атомной физике до приемного наследника Бора. [В дни старой квантовой теории] он был доминирующей фигурой в Копенгагене, стоящей рядом с Бором»<sup>7</sup>.

В 1919 году Бор начал искать секретаря, и ему повезло, он нашел Бетти Шульц, которая вспоминала: «Я пришла к нему домой. . . Я проходила курсы стенографисток, немного знала английский и т. п., но когда я пришла, он задал мне только один вопрос, интересуется ли меня наука. И я сказала: «Нет, я не знаю, что это такое», — и тогда я была принята»<sup>8</sup>. Она начала работать 2 января 1919 года и расположилась в кабинете Бора. «Профессор Бор, Крамерс и я сидели в одной комнате. . . Когда он должен был работать с Крамерсом, я могла идти домой, а Крамерс уходил, когда мы работали»<sup>8</sup>.

Крамерс, кроме того, положил начало новой традиции. Он был первым из многих физиков, явившихся в Данию из-за границы, кто женился на датчанке. Бор был одним из официальных свидетелей на их бракосочетании.

---

Вскоре после того, как Ханс поселился в Дании, он встретил Анну Петерсен, известную больше под своим подходящим прозвищем Буря, — часто бывающую в свете, энергичную, жизнерадостную женщину, которая занималась постановкой своего голоса в Копенгагене. Ханс не только талантливо играл на виолончели, он был еще и хорошим пианистом. Так получилось, что он аккомпанировал ей на сольных концертах. Он испытывал к ней уважение, поскольку она брала на себя роль руководителя в их дуэтах. Она глубоко влюбилась в него. Ханс и Анна обручились в 1917 году, после чего их взаимоотношения претерпели много взлетов и па-



дений. Частично, возможно, из-за того, что Буря, яркая женщина, не испытывающая недостатка в здравом смысле и тонком чувстве юмора (она хорошо имитировала людей, например, Паули), не имела, тем не менее, большого образования и в интеллектуальном плане не подходила Хансу. Что еще более важно, здесь сыграл роль страх Ханса перед принятием окончательных решений, его нежелание или неспособность связать себя обязательствами. Когда в 1920 году Буря забеременела, они поженились 25 октября того года в Копенгагенской *Marmor Kirken*.

Их отношения после заключения брака, практически, не изменились. Через какое-то время у Ханса усилилось чувство неполноты этого союза. Во второй половине 1930-х годов у него появилась другая женщина, которая имела для него большее значение, но он так и не развелся с Бурей, которая родила ему трех дочерей и сына. Сын Ханса рассказывал мне, что мама знала о другой женщине, что дети тоже встречались с ней и что в этом отношении Буря выказывала просто образцовую терпимость<sup>d</sup>.

---

Вернемся в Копенгаген. Бор, естественно, не был удовлетворен своим рабочим помещением. В апреле 1917 года он обратился к датским властям с просьбой об институте для себя и своих сотрудников. После того как были преодолены многие трудности, институт, наконец, открылся 3 марта 1921 года. За день до открытия Крамерс, первое нижестоящее должностное лицо после Бора в новом институте, показал место репортерам. На открытии с главной речью выступил Бор. В ней прозвучала благодарность Крамерсу за его вклад в исследовательскую и преподавательскую работу. Они сами перевозили книги и работы на новое место.

По случаю открытия нового института другой признанный лидер в квантовом предприятии, Арнольд Зоммерфельд, прислал поздравления, назвав Бора «директором атомной физики<sup>10</sup>», — имея в виду, что Бор не только задает направление развития собственным исследованиям, но и вдохновляет других. Новый институт получил название *Institut for Teoretisk Fysik* (Институт Теоретической Физики). В 1965 году, когда Бору исполнилось бы 80 лет, институт был переименован в *Niels Bohr Institutet* (Институт Нильса Бора).

---

Начало научной карьеры Крамерса находилось под преобладающим влиянием духа и вдохновения Бора. И, наоборот, Бор поло-

жился на Крамерса почти со дня его прибытия. В 1917 году он послал Крамерса в Стокгольм представлять свою теорию об атомном феномене. Когда в 1918 году шведский физик Оскар Клейн приехал работать в Копенгаген (он был вторым молодым человеком, прибывшим туда), то, главным образом, Крамерс посвящал его в тайны квантовой физики. Когда другие наносили краткие визиты Бору, он, человек очень занятый не только своими исследованиями, но и организацией института, часто отсылал их к Крамерсу. Как однажды сказал Паули: «Бор — Аллах, а Крамерс — его пророк».

Можно сказать, что Бор и Крамерс в некоторых отношениях дополняли друг друга. У Крамерса был математический дар. Бор, с другой стороны, обладал беспримерным талантом распознавания, даже можно сказать предсказания того, как достичь успеха благоразумным использованием экспериментальных данных. Именно это имел в виду Гейзенберг: «Бор не был математиком по складу своего ума. Он был, я бы сказал, Фарадеем, но не Максвеллом<sup>11</sup>». Он мог бы добавить, что Крамерс был в большей степени Максвеллом, чем Фарадеем.

---

Я перехожу к обсуждению научной деятельности Крамерса. Хочу сначала отметить, что его научные работы были собраны в одну книгу<sup>12</sup>, приведены в порядок несколькими его друзьями и учениками (как говорится в предисловии): «чтобы определенным образом отметить его исключительно одаренную личность». В книгу вошел также и список ненаучных публикаций Крамерса<sup>13</sup>.

Почти сразу после приезда Крамерса Бор предложил ему сотрудничество в работе по гелию. В ноябре Бор писал Резерфорду: «Все свое свободное время в последние месяцы я работал над серьезной попыткой решить проблему обычного [неионизованного] спектра гелия. . . , работая вместе с. . . Крамерсом. . . Я думаю, что, наконец, у меня действительно есть ключ к этой проблеме<sup>14</sup>».

Поначалу Бор был оптимистичен. Он писал коллегам, что теория «была разработана осенью 1916 года<sup>15</sup>» и что достигнуто «частичное соответствие измерениям». Около 200 страниц с вычислениями Бора, никогда не публиковавшихся, хранятся в архиве Нильса Бора.

Но время шло, и вера Бора ослабевала. Все в большей и большей степени он оставлял решение этой задачи Крамерсу, который продолжал заниматься ею с большим математическим мастерством. Сам Бор несколько раз возвращался к гелию, наиболее подробно в части своего сольвеевского доклада (1921 год)<sup>16</sup> и в чет-

вертой из его геттингенских лекций<sup>17</sup>. В конце концов, Крамерс опубликовал результаты в работе<sup>18</sup>, представленной в декабре 1922 года. Это был результат шести лет тяжелой работы. Интересной чертой его окончательной модели гелия было то, что она уже не была плоской: два электрона двигались в разных плоскостях. Наверное, самым важным в его отрицательных результатах было то, что они опровергали идею Бора и Эренфеста, считавших, что классическая механика должна применяться к электронам, движущимся по стационарным орбитам. «Мы должны сделать вывод, что уже в этом простом случае механика не эффективна<sup>18</sup>».

Здесь следует отметить прежде всего то, что Крамерс обладал исключительно глубоким знанием классической механики, и второе, в годы его доблестной битвы с задачей о гелии основные составляющие ее решения еще не были известны. Еще не был открыт спин, и не был известен принцип запрета. Задача о гелии была решена лишь в 1926 году после открытия квантовой механики.

Когда Крамерс бился над задачей о гелии, он успевал заниматься решением и других физических задач. Например, в 1919 году он опубликовал статью на тему общей теории относительности. Но гораздо более важными были его исследования интенсивностей спектральных линий. Сначала он детально разработал общую теорию, а затем применил ее к вычислениям интенсивностей для тонкой структуры спектра водорода и для эффекта Штарка — расщепления спектральных линий под воздействием электрического поля. Сравнение результатов с экспериментальными данными прошло благополучно. Эта работа, принадлежащая к числу главных подтверждений теории атома Бора, привела к признанию Крамерса одним из ведущих специалистов по этой теории. В результате, она вылилась в докторскую диссертацию, которую Крамерс защитил 1 мая 1919 года в Лейдене в присутствии трех нобелевских лауреатов — Бора, Хайке Камерлинга Оннеса, Лоренца. . . и Бури. Должно быть, эта работа нанесла тяжелый урон здоровью Крамерса, потому что вскоре после получения докторской степени он заболел и довольно долго пролежал в больнице в Роттердаме.

В 1922 году Крамерс, совместно с Хельге Хольстом, библиотекарем в *Laeranstalt*, опубликовал книгу на датском языке под названием *Bohr's Atomteori* («Атомная теория Бора»). В 1923 году появился английский перевод<sup>21</sup> с предисловием Резерфорда, в котором Резерфорд дал Крамерсу заслуженно высокую оценку. «Д-р Крамерс занимает особенно удачную позицию, с которой он имеет возможность давать отчет непосредственно из первоисточника, поскольку он был ценным ассистентом профессора Бора при раз-

работке его теорий и сам сделал не один важный и творческий вклад в наше знание в этой области исследований». Книга имела большой успех. Благодаря этой книге слава Бора распространилась еще дальше. Книга получила высокую оценку как со стороны физиков, так и со стороны непрофессионалов. Многие физики использовали ее в качестве первого учебника по введению в курс атомной физики.

---

Никто лучше Крамерса не мог передать тонкости работы с так называемым принципом соответствия Бора, устанавливающим связь между квантовой теорией и предсказаниями доквантовой теории, известной как классическая теория. Этот принцип служил основным инструментом в работе Бора над докторской диссертацией. В нескольких случаях он обращал внимание на тонкости применения принципа. Впервые — в книге Хольста: «Трудно объяснить, в чем состоит (принцип соответствия), потому что его нельзя выразить точными количественными законами, и потому он так труден в применении. [Тем не менее] в руках Бора этот принцип оказался исключительно плодотворен во множестве различных отраслей<sup>22</sup>». Кроме того, в 1923 году, в номере *Naturwissenschaften*<sup>23</sup>, темой которого было празднование первых десяти лет теории Бора, он писал: «В этой ночи трудностей и неопределенности. . . принцип Бора выделяется светлым пятном». В 1935 году, по случаю 50-летия со дня рождения Бора: «Когда принцип соответствия только появился на свет, он казался физикам какой-то таинственной волшебной палочкой, которая прекращала свое действие за пределами Копенгагена<sup>24</sup>». Зоммерфельд ранее тоже называл этот принцип «волшебной палочкой. . . , позволяющей нам применять результаты классической волновой теории к квантовой теории<sup>25</sup>».

1923 год был очень продуктивным для Крамерса. Он опубликовал свою прекрасную работу по поглощению рентгеновских лучей<sup>26</sup>, первое применение квантовой теории к *непрерывным* спектрам. Эддингтон высоко оценил эту работу<sup>27</sup>. Кроме того, Крамерс написал научные статьи на тему оболочечной модели атомов<sup>28</sup>, по квантованию вращающихся молекул<sup>29</sup>, полосатым спектрам<sup>30</sup> и скоростям химических реакций<sup>31</sup>.

Соавторская работа Крамерса 1924 года напоминает мне о маленьком эпизоде в его карьере, имевшем место в 1921 году, когда у него родилась блестящая идея о квантовой теории света.

Вспомним, что в 1905 году Эйнштейн предположил, что при определенных условиях свет ведет себя как пучок частиц. фото-

нов. Эта идея для того времени была революционна и действительно оставалась спорной до 1923 года, когда Артур Комптон экспериментально доказал, что рассеянный электронами свет претерпевает изменения, а именно: падает частота. Величина падения зависит от угла рассеяния и может быть предсказана теоретически, во-первых, путем принятия концепции о фотонах и, во-вторых, предположением, что энергия и импульс в процессе рассеяния сохраняются. Это минимальные предположения, которые могли быть сделаны гораздо раньше.

И они были сделаны раньше. Из интервью с семьей, друзьями и учениками Крамерса, Дрезденом было получено убедительное доказательство<sup>32</sup> — я тоже нахожу его вполне убедительным, — что Крамерс разработал правильную теорию этого явления летом 1921 года, еще до эксперимента Комптона. Жена Крамерса вспоминала, что в это время ее муж был «безумно взволнован. . . У Бора с Крамерсом начались ежедневные дискуссии, в которых использовались все средства убеждения. После этих дискуссий Крамерс чувствовал крайнюю усталость, депрессию и разочарование, он наконец заболел и лег в больницу». Причиной дискуссий было то, что Бор был в высшей степени не согласен с идеями Крамерса. Дрезден добавляет, что после этого «Крамерс согласился с доводами Бора, причем это не было лишь неохотной уступкой, нет, он сделал точку зрения Бора своей собственной. . . после чего Бор с Крамерсом стали еще ближе друг другу в научном сотрудничестве, они еще больше, чем прежде, настроились друг на друга». Строки, которые Крамерс написал в 1923 году, недвусмысленно указывают на перемену в его мнении: «Теорию световых квантов. . . можно сравнить с лекарством, которое будет способствовать исчезновению симптомов болезни, но убьет пациента. . . Необходимо подчеркнуть тот факт, что эта теория никоим образом не произошла из теории Бора и, тем более, не была ее необходимым следствием<sup>33</sup>».

Какова же была точка зрения Бора? Он вообще не принимал концепцию фотонов<sup>e</sup>. Вместо этого, в 1923 году, он выдвинул свое альтернативное предложение, суть которого состояла в том, что в процессах, подобных рассеянию света электронами, напротив, не сохраняются ни энергия, ни импульс<sup>34</sup>. Примите во внимание тот факт, что в 1923 году эти законы еще не были проверены экспериментально на уровне отдельных микроскопических процессов, таких как атомные переходы, столкновения электронов с электронами или атомами и т. д. Результатом этих идей Бора стала слабая работа<sup>35</sup>, авторами которой были Бор, Крамерс и Джон Слэтер, молодой доктор философии из Гарварда, приехавший в конце 1923 года в Копенгаген.

Спорный вопрос решился в начале 1925 года, когда было получено экспериментальное доказательство того, что и энергия, и импульс в отдельных случаях действительно сохраняются<sup>7</sup>.

Несмотря на такое слабое начало 1924 года, дальнейшая работа Крамерса в этом году занимает место среди его лучших, выдающихся трудов.

---

С того самого момента, когда в 1913 г. появилась на свет квантовая теория атома, было ясно, особенно для Бора, что новые квантовые законы конфликтуют с классической теорией. В последующие годы наука, тем не менее, придерживалась классической теории, к которой были добавлены квантовые законы в надежде, что такой прием, возможно, приведет, в итоге, к логическому подтверждению этих новых законов. Лишь в начале 1920-х годов, главным образом, в результате неудач, начало появляться радикальное интуитивное понимание того, что, возможно, в области атома придется действительно отказаться от классических моделей. Особенно это касалось весьма сомнительной концепции атомных орбит.

Но критиковать концепцию атомных орбит — это одно, а построить атомную физику без нее — совсем другое. Первая успешная попытка продвинуться в этом направлении принадлежала Крамерсу и была сделана в 1924 году. Борн прокомментировал ее так: «Это был первый шаг из светлой области классической механики в темный неисследованный мир новой квантовой механики<sup>37</sup>». Работа Крамерса рассматривает дисперсию света, а именно, излучение вторичного света атомом, который находится под воздействием пучка световых лучей и возбуждается им. Результаты этой работы были объявлены в двух письмах в *Nature*, одно<sup>38</sup> — в марте 1924 года, и второе<sup>39</sup> — в июле.

Согласно классической теории дисперсии интенсивность света, испускаемого облученным атомом, зависит от частоты облучения и от классических частот орбитальных движений электронов внутри атома. Квантовая теория, очевидно, требует того, чтобы роль этих классических частот была каким-то образом передана частотам переходов Бора между стационарными состояниями. Решением этой задачи занялся Крамерс. В качестве связующего с классическими ответами звена он, конечно же, использовал принцип соответствия, который, в этом случае, требует того, чтобы рассеянное излучение продолжало зависеть от классических частот движения электронов в пределе больших квантовых чисел. В качестве квантового теоретического инструмента он использо-

вал эйнштейновские концепции о спонтанной эмиссии; в качестве *математического* приема — замену атома набором осцилляторов, колеблющихся с частотами Бора. Сочетая все это с блестящими догадками, он пришел к так называемому *дисперсионному соотношению*, выражающему вероятность для эмиссии вторичного пучка света через облучение и частоты Бора.

Технические детали двух писем Крамерса нам здесь не нужны. С другой стороны, большой интерес представляет то, как он прокомментировал результаты:

[Дисперсионное соотношение] содержит лишь такие величины [а именно, количества переходов, относящихся к двум стационарным состояниям], которые позволяют дать прямую физическую интерпретацию на основе квантовой теории спектров и строения атома, и не вызывает воспоминаний о математической теории много-периодических систем [т. е. орбит].

В дальнейшем дисперсионные соотношения Крамерса проявляли себя все более и более успешно. Их первое обобщение было опубликовано в 1925 году, как мы увидим чуть позднее. Далее Крамерс<sup>41</sup> и Крониг<sup>40</sup> применили эти соотношения к рентгеновскому излучению. Я уже описывал где-то, как эти соотношения, которые теперь называются соотношениями Крамерса–Кронига, могли быть выведены из более общих предположений и как они нашли важное применение в физике элементарных частиц<sup>42</sup>.

---

Одним из первых впечатлений Вернера Гейзенберга, приехавшего на полгода в Копенгаген в сентябре 1924 года, было то, что «все разговаривали с Крамерсом, прежде чем поговорить с Бором. . . Крамерс был еще одним человеком, кроме Бора, кто произвел на меня сильнейшее впечатление<sup>43</sup>».

Гейзенберг всегда был в хороших отношениях с Крамерсом. Его восхищало в Крамерсе знание физики и языков, а особенно немецкой литературы. Восхищали его и музыкальные таланты Крамерса. «Как человек может так много знать?»<sup>43</sup> Они часто занимались музыкой вместе: Гейзенберг играл на фортепиано, а Крамерс на виолончели. Кроме того, они написали совместную работу<sup>44,45</sup>, завершённую в декабре 1924 года, это был последний научный вклад Гейзенберга в этом году. Литературная обработка целиком принадлежала Крамерсу<sup>46</sup>.

В этой работе мы впервые встречаем детальное описание вывода дисперсионного соотношения Крамерса, которое в более ранних его работах<sup>38,39</sup> присутствовало лишь в виде набросков.

Представленные там методологические шаги были действительно решающими для первой работы по квантовой механике, написанной Гейзенбергом в следующем году.

Кроме того, эта знаменитая работа Крамерса–Гейзенберга содержит новую физику. Крамерс работал лишь с упругими процессами, а именно: частота падающего и вторичного пучков света одинакова, но последний может быть излучен в любом произвольном направлении. Новая работа содержит также неупругие процессы типа

$$h\nu + E_a = h\nu' + E_b,$$

где  $E_a(E_b)$  — это энергия начального (конечного) состояния атома и  $\nu(\nu')$  — частота падающего (вторичного) пучка света. Состояния  $a$  и  $b$  могут быть или не быть одинаковыми. Частота  $\nu'$  меньше (больше), чем  $\nu$ , если атом перепрыгивает из более низкого состояния в более высокое (более высокого состояния в более низкое). Эти неупругие переходы не наблюдались до 1928 года. Сейчас они называются комбинационным рассеянием Рамана по имени его открывателя.

Позднее Гейзенберг писал об этом сотрудничестве:

Чувствовалось, что сделан шаг вперед в духе новой механики. Все знали, что за этим должен быть какой-то новый вид механики, но никто не имел о нем ясного представления. Но все же все чувствовали, что шаг сделан в верном направлении. . . Это был момент, когда матричная механика уже почти имела, но об этом не знали<sup>47</sup>. . . Эта новая схема была продолжением того, чем я занимался вместе с Крамерсом. . . это было более систематическое продолжение. Можно было надеяться на то, что это будет более последовательный проект, но невозможно было знать это наверняка<sup>48</sup>. . . Я всегда сожалел о том, что Крамерс никогда не был представлен к Нобелевской премии<sup>49</sup>.

Дисперсионная формула Крамерса–Гейзенберга принадлежит к тем немногим результатам, и по сей день сохраняющим свою физическую и формальную ценность, начиная с того дня, когда квантовая механика заменила описание «старой квантовой теории», начало которому Макс Планк положил в 1900 году, а завершился этот период в июле 1925 года открытием матричной механики Гейзенберга.

Друзья и коллеги всегда недоумевали по поводу того, почему не Крамерс, а Гейзенберг открыл квантовую механику. В конце концов, они вместе подошли к порогу открытия. Я не могу ответить на этот вопрос, но осмелюсь высказать догадку, что дело было в личности Гейзенберга, гораздо более напористой и агрессивной, чем личность Крамерса. Крамерс и сам отмечал это в своем



письме Клейну в 1927 году, предостерегая того ввязываться в научную полемику между Бором и Гейзенбергом: «Не ввязывайся в этот конфликт, мы оба слишком доброжелательны и великодушны, чтобы участвовать в такого рода борьбе. Бор и Гейзенберг — натуры жесткие, упрямые, не идущие на компромисс и неутомимые. Нас [Крамерса и Клейна] просто раздавит эта Джаггернаутва колесница<sup>49</sup>».

В 1925 году Крамерс опубликовал заметку о новой теории Гейзенберга, но, что показательно, только на голландском языке в малочитаемом голландском журнале.

---

В 1925 году кандидатура Крамерса была предложена на должность профессора в Утрехте. Рекомендательные письма трех виднейших физиков века, Бора, Эйнштейна и Планка, подтвердили правильность выбора.

Для Крамерса, конечно, было тяжело уходить от Бора после десяти лет интенсивного сотрудничества, но он сделал это. 15 февраля 1926 года он читал лекцию по случаю вступления в должность. Тема лекции была «Форма и сущность»<sup>51</sup>. В мае он начал читать курсы лекций. В Копенгагене в этом месяце его последователем стал Гейзенберг.

В июле Крамерс писал Бору, что он занят благоустройством нового дома. Он поддерживал контакты с Бором, но они становились по прошествии времени все реже.

30 октября 1931 года Крамерс вновь вступал в должность и читал лекцию на тему «Реальность и формирование концепции»<sup>41</sup>. На этот раз он стал внештатным профессором на новом факультете технической физики в Технологическом институте в Делфте. После трагического самоубийства Эренфеста в сентябре 1933 года он написал два проникновенных некролога<sup>54</sup> о своем прежнем учителе. Вскоре после этого он переехал в Лейден в качестве последователя Эренфеста, прочитав лекцию «Физика и физики»<sup>55</sup>.

Я обращаюсь к более позднему наследию Крамерса.

---

В 1926 году Крамерс написал работу<sup>56</sup> по так называемому ВКБ\* методу, ставшему классическим. Написанная в типичном для поздних работ Крамерса стиле эта работа является математическим развитием квантовой механики. В 1927 году он посетил пятую Сольвеевскую конференцию, принимая участие в оживлен-

\* Вентцель-Крамерс-Бриллюэн. — *Прим. перев.*

ных дискуссиях<sup>57</sup>. Тем не менее, он не вступил в обсуждение после вступительной лекции Бора по принципу дополнительности, теме, о которой впервые говорилось в письме Бора Крамерсу<sup>58</sup>. Никогда более Крамерс не писал на темы интерпретаций квантовой физики. Его стиль оставался, скорее, научным, чем умозрительным, склонным к абсолютному теоретизированию.

Типичным примером является его попытка, сделанная в 1927 году, ввести спин в квантовую механику, начиная с релятивистского обобщения классического распределения вращающегося заряда. После в высшей степени сложного вывода он получил пару дифференциальных уравнений, эквивалентных итерированной форме четырех уравнений, опубликованных Дираком<sup>59</sup> на несколько недель раньше, чем Крамерс закончил *свой* вариант. Это так сильно разочаровало Крамерса, что он постепенно отошел от передовых рубежей физики, опубликовал свою версию спина — которую я нахожу довольно расплывчатой — лишь в своем учебнике 1938 года<sup>60</sup>.

---

Собрание работ Крамерса<sup>12</sup> показывает, что после 1927 года и до своей смерти в 1952 году он опубликовал 52 научные статьи, охватывающие широкий диапазон тем. Я уже упомянул о его работе по дисперсионным соотношениям<sup>41</sup>. Двенадцать научных статей<sup>61</sup> рассматривают конкретные квантово-механические задачи, такие как мультиплетная теория и квантование асимметричного волчка. Тема второй группы<sup>62</sup> работ — свойства парамагнитных веществ, а именно, их адиабатическое размагничивание, важная методика для достижения сверхнизких температур, которая в то время была монополией Лейдена.

Крамерс сделал несколько важных вкладов в теорию фазовых переходов. В своей второй работе по ферромагнетизму<sup>63</sup> он первым понял, что *непрерывные* фазовые переходы могут происходить лишь в «термодинамическом пределе»<sup>9</sup>. Он также первым, вместе с Грегори Ваннье, точно определил точку фазового перехода для частной модели ферромагнетика<sup>h</sup>, показав, что если имеется фазовый переход, то общие аргументы позволяют найти его положение. Эта работа является жемчужиной простоты<sup>65</sup>.

Крамерс также активно изучал диффузионный и макромолекулярный потоки. Самой значительной по этой теме является его работа по термически активированному прохождению барьера<sup>66</sup>. Химия того времени не нашла прямого применения для этих предсказаний. Эксперименты 70-х, 80-х годов показали, тем не менее, зародышевую природу этой работы, как объясняется в обзорной

статье 1990 года под заголовком: «Теория скорости реакции: пятьдесят лет после Крамерса<sup>67</sup>».

Наконец, я хочу упомянуть о том, что в 1937 году Крамерс вернулся к фундаментальным вопросам. Он первым в том году отметил свойство симметрии уравнения Дирака, которое было названо зарядовым сопряжением<sup>68</sup>. В то же время он начал свои публикации по вопросу взаимодействия электронов с электромагнитным полем. Я на короткое время вернусь к этой работе.

Этим завершается мой неполный общий обзор наследия одного из главных физиков двадцатого века.

---

Сейчас я возвращаюсь к воспоминаниям о своем личном знакомстве с Крамерсом. Эти воспоминания уносят меня в тяжелые дни Второй мировой войны. Вспомним несколько дат. 10 мая 1940 года немецкие армии вторглись в Голландию. 15 мая голландская сторона сложила оружие. Бельгия капитулировала 28 мая. Париж пал 14 июня, перемирие с Францией было подписано 21 июня.

Следующий день после падения Парижа мы с Крамерсом провели вместе, в кабинете его дома в пригороде Лейдена. Мы планировали обсудить некоторые физические вопросы, но оба были не в настроении это делать. Потеря Парижа была для нас очень тяжелым ударом, как и для многих других голландцев. Никто, в действительности, не верил в то, что наша страна сможет успешно противостоять немецкому натиску, но Париж стоял как символ западной культуры. Я не думаю, что кто-нибудь смирился с тем фактом, что Париж находится в руках немцев, да еще так быстро. Так, мой визит к Крамерсу обернулся долгими и печальными воспоминаниями о Городе Света. Я не считаю преувеличением свои слова о том, что судьба Парижа сразила нас сильнее, чем падение Голландии, чем даже черные тучи над пожарами горевшего Роттердама, которые Крамерс видел, поскольку ветер дул в северном направлении.

В результате протестов профессоров Лейдена против увольнения еврейских коллег, этот университет в ноябре 1940 года был закрыт (с кратковременным последующим открытием) на время войны. 22 октября 1941 года немцы издали приказ о лишении евреев права участия в некоммерческих организациях, включавших и Королевскую академию наук Голландии. В результате ушли пять членов Академии, не являвшихся евреями, среди них был и Крамерс.

В июне 1942 года евреям было запрещено пользоваться железнодорожным транспортом.

Этих нескольких дат, взятых наугад, достаточно, чтобы понять, почему в первые годы войны мы с Крамерсом не могли встречаться. Положение изменилось в 1943 году, когда я прятался в доме на Кайцерсграхт в Амстердаме.

Вскоре после того как я туда приехал, в доме было подготовлено специальное место для моего укрытия в том случае, если в дом нагрянут немцы. На чердаке, который находился рядом с моей комнатой, деревянная стенная панель была закрыта таким образом, что она неплотно прилегала к стене. За ней оставалось крохотное пространство, куда я мог забраться в случае прихода немцев. С внутренней стороны был прикреплен замок, чтобы я мог закрыться изнутри, задвинув панель. Я регулярно тренировался, чтобы быстро проделать все эти манипуляции.

В других отношениях, жизнь в последующие месяцы протекала спокойно и рутинно. Замечательное разнообразие в эту жизнь вносили лишь визиты Крамерса, которому сообщили, где я нахожусь. С тех пор, как его университет был закрыт, ему пришлось искать другие источники существования. Вот почему он стал консультантом в *Bataafsche Petroleum Maatschappij* (Shell), одной из крупных корпораций Голландии. Раз в неделю он приезжал в Амстердам, поскольку там располагались офисы компании. После консультации, проведенной с семьей Кёхорстов, моих хозяев, было устроено все, чтобы он мог навещать меня по понедельникам, после того, как заканчивались его обязанности консультанта. Он и мои хозяева понравились друг другу, и Ханс — как я называл Крамерса — был приглашен оставаться у них на обед в те дни, когда он меня навещал. Это было действительно угощением для Ханса в те тяжелые годы.

Во время его визитов мы не раз обсуждали идеи Ханса о парадоксе в электронной теории: тот факт, что электроны обладают бесконечной энергией вследствие своего взаимодействия с электромагнитным полем. Его исходным пунктом была классическая нерелятивистская электронная теория. Впервые он сделал доклад по этой работе на конференции 1937 года в Галвани<sup>69</sup>.

Я также работал над решением этой проблемы, но, в отличие от Крамерса, убедился в том, и как потом оказалось, совершенно правильно, что необходимо интерпретировать ее в рамках релятивистской квантовой теории. Именно поэтому я не раз возражал против подхода Крамерса. Пайс: «Не стоит начинать с нерелятивистской теории». Крамерс: «Но у нас нет надежной релятивистской теории». П: «Я согласен, но теория Дирака еще остается лучшей из тех, что у нас есть». Я замечал, что проблема собственной энергии — это изначально квантовая проблема и что электромагнитное поле, однажды квантованное, вновь будет производить

новые бесконечности. Он не отрицал этого, но продолжал настаивать на том, что сначала нужно совершенствовать физику низкочастотных полей, а затем уже надеяться на лучшее. В своей последней работе<sup>i</sup> (1948 года<sup>71</sup>) на эту тему он писал об этом так: «Рассмотрение этого вопроса с точки зрения релятивистской теории... вряд ли... покажется возможным или обещающим... не следует слишком настойчиво думать над этим проектом: сначала квантовать неправильный гамильтониан, а затем пытаться внести поправки». Мне нужно было внимательнее отнестись к его идеям военного времени, которые были ничем иным, как программой перенормировки массы (хотя и выполненной в устаревшей форме), вместо того, чтобы искать окончательную релятивистскую теорию, чем я занимался, — несвоевременная идея как для того времени, так и для наших дней.

Мы говорили и на другие темы, естественно, о войне. Однажды разговор коснулся музыки. Крамерс сказал, что пока я прячусь, я мог бы выучиться игре на каком-нибудь музыкальном инструменте, и предложил руководить моим обучением игре на виолончели — его любимом инструменте. Мне показалось это прекрасной идеей, но я сказал, что у меня нет виолончели. Он ответил, что это не проблема и он знает в Амстердаме один маленький магазинчик, где можно взять инструмент напрокат. Вскоре после этого разговора сына хозяина делегировали в тот магазин, и он взял напрокат виолончель. Теперь у меня появилась прекрасная возможность по-новому проводить время. Шум, который я производил, не создавал проблем. Соседям сказали, что сын учится играть на виолончели. Так проходило время. Это было совсем неплохо, пока не наступил один злополучный понедельник в ноябре 1943 года.

Было около шести часов вечера. Мы ужинали, и Крамерс был с нами. Вдруг раздался звонок. Когда это происходило в такое необычное время, один из детей Кёхорстов отправлялся вниз открывать дверь.

На этот раз пришли гестаповцы.

Около входной двери была специальная кнопка, когда на нее нажимали, наверху звучал сигнал тревоги. Когда он прозвучал, я бегом отправился в свой тайник (в это время кто-то сразу же убрал со стола мою тарелку). По пути наверх я слышал внизу немецкую речь, этого мне было достаточно. Я открыл панель в чердачной стене и забрался внутрь. Но, черт побери, я слишком нервничал, и мне никак не удавалось закрыть замок изнутри. Мне пришлось держать панель рукой, и, конечно, таким образом, я не мог ее плотно задвинуть, оставалась узкая щель.

Они пришли наверх и вошли на чердак. У одного из них был

мощный фонарь, который он вдруг направил прямо на мою панель. Сквозь оставшуюся щель я видел свет — даже сейчас, когда я пишу эти строки, я вижу этот свет. Он какое-то время поиграл со светом. Потом они ушли. По крайней мере, на какое-то время я избежал самой опасной ситуации во всей своей жизни.

Я продолжал оставаться в своем крошечном пространстве, согнувшись, практически, вдвое и придерживая панель. Потом я услышал, как дверь в мою комнату мягко открылась. Моя комната находилась с другой стороны моего тайника. Кто-то вошел, сначала я не знал, кто это был. Потом этот человек сел на маленькую скамеечку, стоявшую как раз возле той стены, за которой находился я. Он начал негромко читать, голос его был спокойным.

Это был Крамерс.

Ранее он одолжил мне томик «Лекций по Шекспиру» Брэдли. И сейчас этот добрый человек читал мне отрывки из этой книги, чтобы успокоить мои нервы.

Где-то между десятью и одиннадцатью часами один из сыновей хозяев пришел на чердак сказать мне, что дом свободен и я могу выходить. Я ясно помню, как подумал, что просидел взаперти минут 15. В действительности, прошло четыре часа. . .

Было ясно, что я быстро должен перебраться в другое место и что там, куда я отправлюсь, уже не будет визитов Ханса. Я больше не мог подвергать опасности его жизнь. Фактически, я не видел его до конца войны. Но, тем не менее, самое важное событие в нашем знакомстве произошло еще до окончания войны. Это произошло в конце «голодной зимы» 1944–45 годов, во время которой Крамерс и его семья очень страдали, и его здоровье, которое никогда не было слишком крепким, совсем расстроилось.

В марте 1945 года я был схвачен гестапо и помещен в дом для интернированных (гестапо взяло над ним руководство) на Ветерингшанс (Weteringsschans) в Амстердаме.

Тинеке, моя подруга нееврейского происхождения, сразу же сообщила Крамерсу о моем аресте. Он немедленно написал Гейзенбергу, возможно, делая акцент на том, что я талантливый молодой физик, не занимающийся политикой, или по-другому о том же, и послал копию письма Тинеке. Как он позднее рассказал мне, он получил ответ. Гейзенберг писал, что понимает ситуацию, но извиняется и ничего не может сделать.

Тинеке помогла мне освободиться, — используя письмо Крамерса. Она запомнила имя и адрес какого-то высокого нацистского должностного лица в Амстердаме и решила обратиться к нему. Ее действительно там приняли. На его столе стояла фотография Геринга с надписью *Für meinen Freund*. . . (моему другу, имя забыто). Она показала письмо Крамерса и попросила о помощи. Этот

человек не сказал Тинеке ни слова после того, как она прочла письмо. Он поднял телефонную трубку и позвонил на Ветерингшпанс. «Hast du einen jude Pais dort?» («У вас есть там еврей Пайс?») Да, у них такой был. «Lass ihn gehen» («Выпустите его».)

Так и получилось, что я был освобожден благодаря физике и искреннему участию Крамерса и Тинеке.

---

В следующий раз я встретился с Хансом зимой 1946 года в Копенгагене, когда он приехал к Нильсу Бору. Я в это время проводил постдокторские исследования в его Институте. Все мои последующие встречи с ним проходили в Соединенных Штатах.

В сентябре 1946 года я отправился на пароходе в Нью-Йорк, чтобы стать членом Института перспективных исследований в Принстоне. На борту парохода я встретил старую знакомую, Бюрю Крамерс. Она ехала к мужу в Нью-Йорк. В январе 1946 года Генеральная Ассамблея ООН приняла резолюцию, призывающую к созданию UNAEC, Комиссии Организации Объединенных Наций по атомной энергии, которая, в свою очередь, организовала научный и технический подкомитеты. Крамерс был избран председателем. (Вследствие разгорания холодной войны UNAEC рекомендовала 17 мая 1948 года приостановить собственную деятельность.)

Крамерс был естественной кандидатурой на этот пост, и не только потому, что был выдающимся физиком. В действительности, даже до того как на Японию была сброшена первая атомная бомба, он был первым голландским физиком и, наверное, одним из первых европейцев, кто подозревал об англо-американском проекте атомного оружия. Я должен это объяснить.

---

С 30 июля по 4 августа 1945 года в американском посольстве в Лондоне проходило тайное совещание. Присутствовали: американский посол; сэр Джон Андерсон, член кабинета в правительстве Черчилля, ответственный за наблюдение за усилиями по созданию британской атомной бомбы; Еелко ван Клеффенс, государственный секретарь Голландии, и команда научных советников, среди которых был Крамерс. Результаты этой встречи отражены в документе под грифом «совершенно секретно»: «Переговоры по заключению соглашения между правительствами США, Соединенного Королевства (Великобритании и Северной Ирландии)

и Нидерландов по контролю за материалами тория и снабжению ими».

Почему торий? И что общего имеет с этим Голландия?

В 1944 году генерал Лесли Грувс, директор Манхэттенского проекта, — американского проекта по созданию атомной бомбы — писал государственному секретарю США: «Все указывает на то, что ядерная энергия может быть получена из тория. Если это так, то будет более целесообразно использовать торий вместо урана, оставив для начала лишь небольшое количество урана. Торий дешевле, чем уран, и его запасы больше<sup>72</sup>» — вот откуда идет интерес к торю.

Торий имеется в монаците; это минерал, залежи которого находятся на «оловянных островах» Бангка и Биллитон, справа от Суматры, в голландской Ост-Индии (с 1949 года Индонезия) — вот откуда присутствие Голландии.

Упомянутое соглашение гласит, что голландское правительство предоставляет США и СК эксклюзивные права на покупку голландского тория. Документ был подписан 4 августа 1945 года.

В этот же день ван Клеффенс сочинил меморандум о переговорах, в котором была такая фраза: «Ясно, что если ядерная энергия урана и тория будет успешно выпущена на свободу... [это повлечет за собой] огромную угрозу для благополучия наций...<sup>73</sup>»

Перед окончанием лондонской встречи американский посол в частном порядке сказал Крамерсу, что обсуждаемый ими вопрос «через несколько дней получит широкую известность<sup>73</sup>». Через два дня, 6 августа, урановой бомбой была разрушена Хиросима.

Последовательность событий показывает, что лондонские переговоры сделали для Крамерса очевидным ответ на вопрос, еще до Хиросимы, почему британцы и американцы заинтересованы в источниках атомной энергии. Думаю, что события 6 августа удивили его чуть менее, чем любого из нас. (До недавних пор я не знал об этой истории, и поэтому не мог расспросить об этом Крамерса.)

Два постскриптума.

- 1) Вскоре после этой лондонской встречи стало ясно, что торий не может использоваться в качестве ядерного топлива. Более того, с 1955 года урана стало в избытке, благодаря политике Мирного атома президента Эйзенхауэра, разрешившего его экспорт во все дружественные страны.
- 2) Здесь будет к месту рассказать о странном событии.

Однажды в 1992 году ведущая голландская газета опубликовала статью, занимавшую три страницы, под заголовком



«Дело Крамерса»<sup>74</sup>. В статье дается цитата из рапорта ФБР (без даты), в котором заявляется о том, что Крамерс мог быть атомным шпионом, примерно, равным по положению с общеизвестным Клаусом Фуksom, «возможно, еще одно дело Фукса». Далее в статье говорится, что BVD (Binnenlandse Veiligheidsdienst) — голландский аналог ФБР — также приняла расследование удостоверения личности доброго старого Ханса.

Поскольку мне приходилось читать несколько докладов ФБР, меня не удивляет подобный пример их тупости, я видел и похуже. Меня печалит то, что органы голландской безопасности, а также уважаемая голландская газета, поверили в эту чепуху.

Сейчас я возвращаюсь к своим личным контактам с Крамерсом.

---

19 сентября 1946 года в Нью-Йорке началась встреча Американского физического общества. Я приехал туда. Крамерс тоже присутствовал там, вырвавшись из своего плотного рабочего графика на озере Саксес, где тогда располагалась ООН. Я сидел рядом с ним на одной из сессий, когда увидел, что он что-то пишет на листке бумаги. Он протянул мне листок, и я прочитал: «Обернись и засвидетельствуй свое почтение Роберту Оппенгеймеру. Я обернулся, и действительно, этот великий человек сидел прямо за мной. До этого момента я знал его лишь по газетным снимкам. Он приветливо улыбнулся мне и протянул руку. Я ответил рукопожатием.

Весной 1946 года Крамерс преподавал в Колумбии. Весенний семестр 1947 года он провел в Принстоне, где мы много общались, дискутировали и совершали длительные прогулки.

В июне 1947 года мы оба съездили на конференцию, проходившую на острове Шелтер, где собрались свыше 20 физиков. Некоторые из участников позднее говорили, что эта встреча была едва ли не самой значительной встречей такого рода во всей их научной карьере. Я разделяю их мнение. Обсуждением руководили Крамерс, Оппенгеймер и Виктор Вайскопф. В первый день Уиллис Лэмб и Исидор Раби докладывали об экспериментальных отклонениях от теории Дирака, что вскоре привело к программе ренормализации. На второй день свой доклад читал Крамерс. Темой доклада было классическое рассмотрение проблемы электрона. Участники конференции могли понять общее направление

развития его идей, но не их технические детали, которые были заменены, фактически, в течение нескольких недель после конференции. Лишь после смерти Крамерса было признано, что начальная идея о ренормализации принадлежала ему, хотя и не в той форме, какую эта идея приняла с 1948 года.

Уже в те дни я отметил, как сильно устал Ханс, и это неудивительно. Война сказалась на его физическом здоровье. В послевоенные годы он продолжал заниматься своей любимой физикой, но много сил уходило на организационные задачи. Прежде всего, он работал в ООН. Затем, с 1946 по 1950 годы, был Председателем Международного Союза по чистой и прикладной физике. Кроме этого, именно он был движущей силой процесса основания Голландского фонда фундаментальных исследований материи (ФОМ), Института ядерных исследований в Амстердаме (ИКО) и объединенной голландско-норвежской организации по исследованию ядерной энергии в Кьеллере, около Осло. (Менее успешной была его инициатива о расположении CERN (Европейский Совет по ядерным исследованиям) в Дании, с использованием института Бора в качестве центра<sup>75</sup>.)

---

Чтобы объяснить происхождение кьеллеровского проекта, мне нужно вернуться в 1939 год.

В начале этого года я был тогда выпускником в Утрехте, я узнал об открытии деления ядра. Всем физикам, как опытным, так и молодым, сразу же стало ясно, что это открывает возможности для применения новых форм энергии и, что хуже, нового оружия.

Лишь много позднее я узнал о реакции на это событие Вандера де Гааза, профессора по экспериментальной физике в Лейдене. Он немедленно позвонил голландскому премьер-министру, предложив его правительству закупить значительное количество окиси урана. В результате, в лабораторию Камерлинга Оннеса в Лейдене прибыл груз этого вещества, содержащий семь тонн урана. Там оно было складировано в подвале, а оттуда перевезено в Делфт, где и хранилось на протяжении нескольких лет немецкой оккупации<sup>76</sup>.

После войны голландцы поняли, что этот материал можно использовать в строительстве голландского ядерного реактора. После чего, в январе 1950 года, Крамерс поехал в Осло, чтобы выяснить, может ли Норвегия обеспечить тяжелой водой, необходимой для такого реактора. Прибыв в Норвегию, Крамерс узнал, что норвежцы строят свой собственный реактор — в Кьеллере. Начались

переговоры о сотрудничестве, в котором Голландия обеспечила бы Норвегию урановой рудой<sup>77</sup>.

Но сначала необходимо было извлечь уран из минеральной руды — дорогое предприятие, которое проводится в лабораторных условиях. И еще раз Крамерс вступил на тропу войны. В ноябре 1950 года он смог доложить, что британцы согласны на обмен голландской руды плюс 50 000 гульденов за тонну на пять тонн чистого урана, который, по техническим причинам, они не могли использовать сами.

Крамерс был избран первым председателем объединенной комиссии по этому сотрудничеству. 28 ноября 1951 года был официально открыт кьеллеровский проект. Крамерс выступил с завершающей эту церемонию речью.

---

Последний раз я виделся с Хансом осенью 1951 года, когда он снова приехал в Принстон в качестве члена Института. Ханс был нездоров в течение своих последних лет. В августе 1947 года у него случилось кровоизлияние в мозг, после которого он поправился. Через несколько лет у него начало болеть сердце. В то время он часто жаловался на усталость, что, впрочем, частенько случалось и раньше. В начале апреля 1952 года его положили в больницу в Лейдене, в правом легком обнаружили карциному. (Он был заядлым курильщиком.) Легкое пришлось удалить полностью, после чего у него случился правосторонний паралич.

Я следил за событиями по письмам, приходившим в Принстон, откуда я и написал ему последнее письмо 22 апреля<sup>78</sup>. Мое письмо заканчивалось такими словами: «Жизнь начинается заново каждый день, и никогда не знаешь, что принесет жизнь, пока этот день не наступит. Поправляйся скорей». Ханс так и не прочел это письмо. Казалось, он уже пошел на поправку, но 24 апреля 1952 года инфекция правого легкого унесла его богатую событиями жизнь. Он был похоронен в Эгстгеесте (Oegstgeest).

Через несколько дней после смерти Крамерса Бор написал проникновенный панегирик в датской газете<sup>79</sup>. В мае он<sup>80</sup> и Хендрик Казимир<sup>81</sup> говорили о Крамерсе на митинге в его честь, проведенном в Лейдене.

---

Я завершу свой рассказ о Крамерсе несколькими короткими заметками, которые делают картину жизни Ханса законченной<sup>Ј</sup>.

Крамерс был человеком чрезвычайно разносторонним. Игра на виолончели была далеко не единственным его любимым занятием. Он, кроме этого, писал стихи и переводил стихи с их оригинала на голландский. Он был экспертом по творчеству Шекспира. В 1930-х годах в течение нескольких лет он был редактором голландского литературного журнала *Het Kouter*. Он также часто писал о философских вопросах в науке. Он был прекрасным учителем. С 1929 по 1952 годы 27 аспирантов под его руководством получили докторскую степень.

Крамерс получил много почестей, он был членом многих академий наук, ему присваивали почетные степени, была вручена медаль им. Лоренца, а также медаль им. Юза Королевского общества. Несмотря на эти многочисленные признания его огромного научного наследия, он никогда не был удовлетворен собственной работой. Должно быть, его беспокоило то, что он так часто был близок к плодотворным открытиям — комптоновский эффект, квантовая механика, уравнение Дирака, — которые в конечном счете были сделаны другими. Неудовлетворенность личной жизнью тоже послужила причиной необоснованно негативного представления о себе.

Я думаю, будет к месту привести цитату Ханса о науке, сказанную им в конце своей жизни:

«Наука для тех, кто считает ее источником ликования. . . , как будто сила вне нас самих, скажем, ангел, вытягивает нас с предыдущего уровня и выводит нас, из сострадания, на более высокий уровень неопишуемым, непостижимым способом<sup>83</sup>».

## Примечания

- a Здесь с благодарностью использую биографию Крамерса, написанную Дрезденом<sup>2</sup>.
- b Йоханнес Дидерик Ван дер Ваальс и Якобус ван’т Гофф, бывшие в подобной ситуации раньше Крамерса, смогли поступить в университет лишь после того, как правительством было дано специальное разрешение на отступление от принятых правил.
- c Харальд Бор был выдающимся математиком.
- d Я не совсем согласен с описанием Бури в книге Дрездена<sup>9</sup>.
- e Я абсолютно убежден, но не могу представить доказательства, что Бор отвергал фотон, потому что не мог вписать его в свой принцип соответствия.

- f Более подробное описание этого периода вы найдете в книге<sup>36</sup>.
- g Задано:  $N \rightarrow \infty$ ,  $V \rightarrow \infty$ ,  $V/N$  имеют конечный предел,  $N =$  = ‘число частиц,  $V =$  объем. Уленбек сказал мне (в личной беседе), что этот предел еще не был понят повсеместно на ван дер Ваальской конференции в 1937 году<sup>64</sup>.
- h Двумерная модель Изинга.
- i В 1944 году Крамерс написал отличный обзор о статусе этих вопросов<sup>70</sup>.
- j Мне помог это сделать некролог Крамерсу, написанный Ромейном<sup>82</sup>, который был его другом на протяжении всей жизни.

## Библиография и примечания

Ниже использованы следующие сокращения:

CW: Niels Bohr, *Collected Works*, North-Holland, Amsterdam, 1972, and later years.

D: M. Dresden, H. A. Kramers, Springer, New York, 1987.

K: X. A. Крамерс.

NBA: Архив Нильса Бора, Копенгаген.

1. *Die Grundlagen der Quantentheorie*, Akad. Verlagsges., Leipzig, 1938. English translation *The Foundations of Quantum Theory* (D. ter Haar, Transl.), North-Holland, Amsterdam, 1957.
2. D, Chapter 10.
3. Entry in K’s diary, 1911, undated.
4. K, address on receiving the Lorentz medal, October 30, 1948.
5. K, письмо к N.Bohr, August 25, 1916, reprinted in CW, Vol. 2, p. 537.
6. N.Bohr, письмо к C.W.Oseen, February 28, 1917, reprinted in CW, Vol. 2, p. 574.
7. D, p. 463.
8. B. Schultz, interviewed by A. Petersen and P. Forman, May 17, 1963, NBA.
9. D, pp. 114–18, 526–32.
10. A. Sommerfeld, письмо к N.Bohr, April 25, 1921, NBA.
11. W. Heisenberg, интервью с T. S. Kuhn, February 25, 1963, NBA.
12. H. A. Kramers, *Collected Scientific Papers*, North-Holland, Amsterdam, 1956. quoted below as CSP.

13. 'Publications of H. A. Kramers,' *Ned. Tijdschr. Natuurk.* **18**, 173, 1952.
14. N. Bohr, письмо к E. Rutherford, December 27, 1917, NBA.
15. N. Bohr, письмо к A. Sommerfeld, July 27, 1919, CW, Vol. 3, p. 14.
16. CW, Vol. 4, p. 122.
17. CW, Vol. 4, p. 379.
18. K, *Zeitschr. f. Physik* **13**, 312, 1923, CSP, p. 192.
19. K, Proc. Ac. Amsterdam 23, 1052, 1921, CSP, p. 134.
20. K, *Danske Vid. Selsk. Skrifter* **3**, 284, 1919, CSP, p. 3.
21. K and H. Hoist, *The Atom and the Bohr Theory of its Structure*, Knopf, New York, 1923.
22. Ref. 21, p. 139.
23. K, *Naturw.* **4**, 550, 1923.
24. K, *Fysisk Tidsskr.* **33**, 82, 1935.
25. A. Sommerfeld, *Atombau und Spektrallinien*, 3rd edn, p. 338, Vieweg, Braunschweig, 1922.
26. K, *Phil. Mag.* **46**, 836, 1923, CSP, p. 156.
27. A. Eddington, письмо к K, December 12, 1923, NBA.
28. K, *Naturw.* **11**, 550, 1923.
29. K, *Zeitschr. f. Physik* **13**, 343, 1923, CSP, p. 223.
30. K, *Zeitschr. f. Physik* **13**, 351, 1923, CSP, p. 231.
31. K, *Z.f.Phys. Chem.* **104**, 451, 1923, CSP, p. 249.
32. D, chapter 14,
33. Ref. 21, p. 175.
34. N. Bohr, *Zeitschr. f. Physik* **13**, 117, 1923. English translation in CW, Vol. 3, p. 457, especially chapter 3.
35. N. Bohr, K, and J. Slater, *Phil. Mag.* **47**, 785, 1924, CSP, p. 271.
36. A. Pais, *Niels Bohr's Times*, chapter 11, section (d), Oxford University Press, 1991.
37. M. Born, *My life*, p. 216, Taylor and Francis, London, 1976.
38. K, *Nature* **113**, 673, 1924, CSP, p. 290.
39. K, *Nature* **114**, 310, 1924, CSP, p. 292.
40. R. de L. Kronig, *J. Am. Optical Soc.* **12**, 547, 1926.
41. K, *Atti Congr. Como* **2**, 545, 1927; *Phys. Z.* **30**, 522, 1929; CSP, pp. 333, 347.

42. Cf. A. Pais, *Inward Bound*, p. 499ff., Oxford University Press, 1986.
43. Ref. 11, interview on February 19, 1963.
44. K and W. Heisenberg, *Zeitschr. f. Physik* 31, 681, 1925, CSP, p. 293.
45. English translation of ref. 44 in B. L. van der Waerden, *Sources of Quantum Mechanics*, p. 223, Dover, New York, 1968.
46. Ref. 45, p. 16.
47. Ref. 11, interview on February 13, 1963.
48. Ref. 11, interview on July 5, 1963.
49. Memorandum of K to O. Klein, undated, NBA.
50. K, *Physica* 5, 369, 1925.
51. K, *Fys. Tidsskr.* 25, 128, 1927.
52. K, письмо к N. Bohr, July 18, 1926, NBA.
53. K, *Physica* 11, 321, 1931.
54. K, *Nature* 132, 667, 1933; *Physica* 13, 273, 1933.
55. K, *Ned. T. Natuurk.* 1, 241, 1934.
56. K, *Zeitschr. f. Physik* 39, 828, 1926, CSP, p. 348.
57. K, in *Electrons et Photons*, pp. 263–70, Gauthier Villars, Paris, 1928.
58. N. Bohr, письмо к K, 11 November 1926, NBA.
59. P. A. M. Dirac, *Proc. Roy. Soc.* A117, 610; 118, 35, 1928.
60. Ref. 1, chapter 6.
61. CSP, pp. 375, 382, 388, 395, 405, 411, 423, 437, 453, 629, 654, 669.
62. CSP, pp. 503, 515, 522, 536, 557, 574, 585, 629.
63. CSP, pp. 598, 607, 949.
64. *Physica* 4, November 23 issue, 1937.
65. K and G. Wannier, *Phys. Rev.* 60, 252, 263, 1941, CSP, pp. 786, 797.
66. K, *Physica* 7, 284, 1940, CSP, p. 754.
67. P. Hanggi *et al.* *Rev. Mod. Phys.* 62, 251, 1990.
68. K, CSP, p. 697.
69. K, CSP, p. 831.
70. K, CSP, p. 838.
71. K, CSP, p. 845.
72. Цитируется по J. van Splunter, *The International History Review* 17, 485. 1995.