

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев (зам. председателя),
Н. А. Фигуровский (зам. председателя),
А. А. Чеканов, С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич,
А. Л. Яншин (председатель), М. Г. Ярошевский*

Ю. И. Лисневский

**Антониус
ВАН-ДЕН-БРУК**

1870—1926



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1981

**Л63 Лисневский Ю. И. Антониус Ван-ден-Брук
(1870—1926). М.: Наука, 1981, 160 с.**

Антониус Ван-ден-Брук — голландский физик, одним из первых начавший изучать атомное ядро вскоре после его обнаружения. Им была открыта идентичность величин зарядов атомных ядер и порядковых номеров элементов в периодической системе Д. И. Менделеева. Он первым рассмотрел вопросы, относящиеся к составу атомного ядра. В дальнейшем его идеи были переосмыслены, в частности Э. Резерфордом, и легли в основу протон-электронной схемы состава ядра. В последние годы жизни занимался проблемами стабильной изотопии. В 1923 г. был избран членом Голландской академии наук. Имел научные контакты с Г. А. Лоренцом.

Книга представляет собой наиболее полное изложение биографии и научного творчества этого ученого.

16.1

Ответственный редактор

доктор химических наук

Д. Н. ТРИФОНОВ

Л $\frac{20100-086}{054(02)-81}$ БЗ-82-101-80. 1601000000

© Издательство «Наука», 1981 г.

От редактора

Учение об элементах и атомах существует тысячелетия. На этой протяженной оси времени лишь незначительный ее отрезок соответствует периоду тех важнейших научных открытий, которые в конечном счете создали фундамент современных представлений названного учения. Атомистика Дальтона; измерение — все более и более точное — атомных весов; периодический закон Менделеева; исследования радиоактивности; ядерная модель атома Резерфорда; квантовая теория Бора; обнаружение изотопии у радиоактивных, а потом и у стабильных элементов; наконец, объяснение явления периодичности — вот достижения, ставшие хрестоматийными и вместившиеся в исторически короткий временной интервал протяженностью немногим более ста лет.

Д. И. Менделеев явился одним из основателей современного учения об элементах. Его гениальное творение — периодическая система — сделало хаотическое множество химических элементов упорядоченным, составив их естественную систематику: каждый элемент четко определил свое лицо и одновременно оказался органически связанным с другими элементами. Явление периодичности, обнаруженное эмпирически и имевшее огромное значение в сравнительном изучении свойств химических элементов и в предсказании новых, еще неизвестных, долгое время не имело физического обоснования. И это обстоятельство часто приводило к тому, что — по мере открытия новых элементов — периодическая система не раз сталкивалась с серьезными трудностями, иногда, казалось, непреодолимыми. Так было, например, после открытия инертных газов (в самом конце XIX в.) и в ходе массового обнаружения радиоактивных веществ — радиоэлементов (начало XX в.).

С открытием электрона появились первые модели атомов. Один из авторов этих моделей, Дж. Дж. Томсон, сделал попытку связать строение атомов со свойствами химических элементов. Изменение чисел электронов в концентрических кольцах должно было, по Томсону, объяснять изменение свойств при переходе от элемента к эле-

менту. Хотя это и был реалистический шаг в попытках объяснить периодичность, он оказался не более чем шагом наощупь, ибо оставался нерешенным вопрос о носителе положительного заряда в атоме и числе электронов в нем.

Ядерная модель атома Резерфорда, появившаяся в 1911 г., стала важнейшей вехой на пути познания строения вещества. Ядро было в конечном счете признано носителем положительного заряда. Предварительные оценки, сделанные на основе экспериментов, позволяли предположить, что заряд атомного ядра элемента примерно равен половине его атомного веса. Даже эта приблизительная корреляция оказалась далее весьма существенной.

Одновременно накапливались сведения об изменении химической природы радиоактивных элементов, происходящем в результате испускания ими α - и β -частиц. Уже в начале 1913 г. достаточно определенно было установлено, что в ходе α -распада радиоактивный элемент превращается в другой, отстоящий на две клетки влево по периодической системе, а при β -распаде происходит сдвиг на одну клетку вправо. Следовательно, ряды радиоактивных превращений оказались связанными со структурой периодической системы; таким образом, постепенно выкристаллизовывалась истина, состоящая в том, что всякое изменение химической природы радиоактивного элемента сопряжено с изменением заряда внутри атома. Но чему равен этот заряд, какова его действительная величина?

Для решения этого вопроса нужно было сделать следующее: признать правильность ядерной модели атома Резерфорда, найти точную однозначную корреляцию между такой моделью и свойствами химического элемента, занимающего то или иное место в периодической системе Менделеева, и объяснить нелинейный характер изменения атомных весов в системе. С позиций современного знания эти шаги представляются очевидными: признав модель Резерфорда, нужно было заключить, что заряд ядра атома численно равен порядковому номеру соответствующего элемента в системе, и предположить наличие в ядре «ядерных электронов». К таким заключениям буквально подвела накапливающаяся в изобилии новая научная информация.

Первым, кто четко сформулировал столь необходимые заключения, стал голландец Антониус Ван-ден-Брук, юрист по образованию, но едва ли по призванию. Впрочем, в истории науки не так уж редки случаи, когда выдающие-

ся открытия делали люди, посвятившие себя совершенно иным сферам деятельности. Но ситуация с Ван-ден-Бруком все-таки совершенно особая.

Едва ли мы впадем в преувеличение, если скажем, что в его судьбе много неясного. Автор настоящей книги сделал, пожалуй, все, что было в его силах, чтобы несколько приподнять пелену загадочности, и это оказалось весьма нелегкой задачей. Энциклопедии даже не упоминают имени Ван-ден-Брука, нет никакой биографической литературы о нем. Ни один журнал не напечатал некролога, не осталось почти никого, кто лично знал Ван-ден-Брука. В этом отношении бесценными являются сведения, сообщенные его дочерью К. Ф. Витсен-Ван-ден-Брук.

Неясного в жизни Ван-ден-Брука действительно много. Мы так и не знаем, что же побудило его в 1907 г. всерьез и надолго обратиться к сфере, чрезвычайно далекой от его профессии, причем не с позиций интересующегося «модной» научной темой дилетанта, а обладая вполне достаточной эрудицией: уже первая опубликованная им статья отчетливо свидетельствует об этом. Ведущие физические журналы впоследствии безотказно печатали его работы, что свидетельствует о доверии к личности их автора. Не случайно и избрание Ван-ден-Брука членом Голландской академии наук.

Из материалов, детально проанализированных Ю. И. Лисневским, видно, что главное открытие Ван-ден-Брука (равенство заряда ядра атома порядковому номеру элемента) было сразу воспринято его современниками, но должным образом не закрепилось в их сознании.

Ван-ден-Брук не был экспериментатором, а важнейшая информация об атомах и элементах добывалась главным образом экспериментаторами. Далее, Ван-ден-Брук не имел систематического физического образования и связанной с ним естественнонаучной подготовки, и это (даже несмотря на наличие у него достаточных знаний) не могло не наложить определенного отпечатка на форму и манеру изложения его во многом оригинальных идей. Он был трудно понимаем для современников, многие его работы были слишком фрагментарны и лишены сквозной логики изложения. Так бывало с теми, кто вторгался в совершенно новую для них область творческой деятельности, не обладая соответствующими навыками. Видимо, в этом и заключается основная причина последующего забвения Ван-ден-Брука ученым миром.

Поверхностное «прочтение» Ван-ден-Брука может создать о нем впечатление как о некоем чудаке, который приходил к своим идеям через умозрительные, порой мало понятные построения. Но к совершенно другим выводам приводит внимательный анализ, когда каждая его работа — одна за другой — подвергается тщательному рассмотрению. Таким путем шел автор книги. Он показал, что у голландского ученого, несомненно, существовала четкая, логически эволюционирующая система взглядов. Особенно отчетливо она проявилась в ходе вызревания и формулировки гипотезы о равенстве заряда ядра атома порядковому номеру элемента. Первоначальный подход к ней был скорее подходом математика к проблеме структуры периодической системы. «Альфадная» модель Ван-ден-Брука, ставившая целью оригинальным способом систематизировать атомные веса элементов, допуская для них только четные значения (от 2 до 240), при всей своей надуманности оказывалась определенной математической моделью периодической системы. В этом отношении она выглядит своеобразным предвосхищением будущих попыток математического моделирования явления периодичности. Но даже система «альфад», от которой сам Ван-ден-Брук вскоре отказался, в скрытом виде содержала зародыши открытия, что убедительно показано Ю. И. Лисневским. Гипотеза приобретала все более и более четкие контуры по мере того, как ее автор переходил от во многом искусственных построений к естественной периодической системе Д. И. Менделеева.

Чрезвычайно важно, что Ван-ден-Брук не ограничился лишь формулировкой гипотезы. Он искал и нашел для нее теоретические доказательства, связанные с новой интерпретацией уже известных экспериментальных данных. Поэтому можно согласиться с Ю. И. Лисневским, который возводит высказанный Ван-ден-Бруком вывод в ранг научного открытия и с этих позиций четко оценивает вклад, сделанный Г. Мозли, который экспериментально подтвердил вывод о равенстве заряда ядра порядковому номеру. Автор книги впервые разграничил теоретическое открытие Ван-ден-Брука и экспериментальное открытие Мозли; убедительное обоснование этого разграничения составляет одно из главных достоинств исследования, проведенного Ю. И. Лисневским.

В конечном счете открытие Ван-ден-Брука—Мозли стало центральным событием в эволюции учения о перио-

личности, означая физическое обоснование периодического закона. Уже одно только это делает вклад Ван-ден-Брука в науку бесценным.

Весьма обстоятельно автор книги объясняет причины, которые способствовали постепенному забвению Ван-ден-Брука. Здесь дело заключается не только в трагической судьбе Мозли — во вполне человечески понятном стремлении его современников возвеличить деяния безвременно погибшего в расцвете сил и таланта ученого. В глазах тех же современников открытие равенства заряда ядра порядковому номеру а posteriori представилось слишком очевидным и, как это ни парадоксально звучит, достаточно обыденным на фоне блестящего фейерверка идей и экспериментальных достижений конца 10-х — начала 20-х годов.

В дальнейшем интересы Ван-ден-Брука переключились на проблему изотопии — и здесь мы видим еще одно подтверждение тому, что голландский ученый умел очень чутко улавливать веяния времени. Однако цикл его работ по изотопии оказался не столь успешным, как в случае с порядковым номером. Некоторые идеи, высказанные им, хотя и связанные логически друг с другом, существенным образом не повлияли на действительное развитие событий. Рациональное зерно заключалось в том, что в своих рассуждениях Ван-ден-Брук широко пользовался протон-электронной моделью ядра, представление о которой он, кстати сказать, сформулировал достаточно четко одним из первых, едва ли не первым, еще в 1913 г. С другой стороны, как свидетельствует история, обоснованные попытки систематизации изотопов стали возможными лишь тогда, когда удалось накопить большой фактический материал, т. е. после открытия большого количества стабильных изотопов. Между тем «перевод» идей Ван-ден-Брука на современный язык учения об изотопии, как нам кажется, может представлять определенный интерес. Но подобный перевод слишком труден, ибо манера изложения Ван-ден-Брука здесь особенно сложна.

В целом Ю. И. Лисневскому удалось решить нелегкую задачу освещения жизни и деятельности Ван-ден-Брука. Можно полагать, что появление настоящей книги положит конец неоправданному забвению талантливого ученого и привлечет к его имени заслуженное внимание.

Д. Н. Трифонов

Введение

1913 год — знаменательный год в истории естествознания, точнее в той его части, которая связана с изучением радиоактивности и строения атома.

В январе-феврале этого года группа ученых, прежде всего К. Фаянс и Ф. Содди, сформулировала правила радиоактивных смещений (порядок изменения мест радиоэлементами в менделеевской системе после испускания α - и β -частиц). В апреле Г. Гейгер и Э. Марсден экспериментально показали справедливость основных положений теории Э. Резерфорда для рассеяния α -частиц на большие углы. Тем самым была доказана правомерность представлений Резерфорда о строении атома (ядерная модель). В июле, сентябре и ноябре были опубликованы первые статьи Н. Бора об электронном строении атома, положившие начало развитию квантовой теории. В декабре Ф. Содди ввел термин «изотопы» и впервые объяснил явление изотопии. Тогда же, в декабре, были опубликованы результаты первой серии экспериментов Г. Мозли по измерению длин волн характеристического рентгеновского излучения и установлена их связь с зарядом атомного ядра.

Все эти факты хорошо известны. Известны и авторы этих научных работ, важнейших обобщений и открытий. Однако мало кто знает, что в самом начале этого года, и именно 1 января 1913 г., была опубликована статья с принципиально важной гипотезой, которая в большей или меньшей степени повлияла на появление перечисленных выше работ, на их понимание и дальнейшее развитие. Наконец, статья того же исследователя от 27 ноября 1913 г. содержала доказательство гипотезы с не менее важными следствиями, т. е. открытие столь значительное, что оно немедленно вызвало отклики Содди и Резерфорда. Имеется в виду теоретическое открытие величин зарядов атомных ядер, открытие идентичности этих величин порядковым номерам элементов в периодической системе Д. И. Менделеева. Автором этого открытия был малоизвестный тогда голландский ученый Антониус Ван-ден-Брук.

Открытие величин зарядов ядер имело фундаментальное значение для естествознания по крайней мере по трем основным причинам. Во-первых, оно знаменовало собой обнаружение новой характеристики атомов, которая стала важным дополнением к атомным весам и от которой прежде всего зависят физические и химические свойства элементов. Такие открытия случаются в науке не часто. Для химии значение данного открытия можно сравнить с открытием периодического закона. Во-вторых, это открытие положило начало физической интерпретации периодического закона, стало началом современной его истории. В-третьих, нахождение первой точной и важнейшей количественной характеристики ядерной модели атома Резерфорда значительно продвинуло вперед развитие этой модели и тем самым положило начало интенсивному развитию физики атомного ядра.

Естественно возникает вопрос, почему столь принципиально важный поворот в науке не получил достойной оценки и необходимого освещения в ее истории. Ответить на этот вопрос в нескольких словах непросто. Это задача всей книги. Пока только отметим, что появление работ Ван-ден-Брука в 1913 г. не было случайностью. Они стали естественным продолжением непрерывного цикла исследований, связанных с анализом величин атомных весов. Именно это направление, начавшееся с гипотезы Праута и, по существу, приведшее к возникновению теоретической ядерной физики, не нашло, к сожалению, отражения в исследованиях историков науки.

Непосредственной причиной, побудившей автора этой книги изучить творчество Ван-ден-Брука, послужило то, что была обнаружена противоречивость в его оценках со стороны ученых и историков науки.

В научной и мемуарной литературе в разное время выдвигались самые разные точки зрения ученых на то, кто является автором открытия величин зарядов ядер. Так, Резерфорд сначала считал, что это открытие принадлежит Ван-ден-Бруку, позже стал считать его автором Мозли, еще позже — Бора. Бор в 1913 г. писал, что гипотеза Ван-ден-Брука подтверждается совокупностью всех экспериментальных данных, в 1920 г. он говорил о «положении, впервые высказанном Ван-ден-Бруком», как о программе предстоящих исследований в науке. В воспоминаниях же 1961 г. Бор написал о том, что идеи об «атомном номере» возникли у него самого примерно в то же самое время и

независимо от Ван-ден-Брука. Содди 4 декабря 1913 г. писал о «точке зрения» Ван-ден-Брука, но спустя две недели, 18 декабря, вспомнил о собственной работе по тому же вопросу. Ч. Дарвин считал, что открытие атомного номера произошло в манчестерской группе. Известны два высказывания В. И. Вернадского, в которых приоритет открытия отдается то Ван-ден-Бруку, то Мозли. Сам Мозли всегда подчеркивал, что его эксперименты были поставлены с целью проверить «теорию» Ван-ден-Брука.

Причины такого различия во мнениях автор изучал в течение последних нескольких лет [25, 27, 29—31]. Настоящая книга — наиболее полный итог проведенного исследования. Выдвигаемые в ней воззрения на научное творчество Ван-ден-Брука и его роль в ускорении развития ядерной физики в значительной мере отличаются от точек зрения других историков науки.

Оценки японского исследователя Т. Хиросиге [24] и голландского историка науки Х. Снеддерса [26, 28] практически совпадают. Они считают открытие Ван-ден-Брука гипотезой, недооценивают значение его и принижают роль самого ученого в развитии науки. Отечественные историки науки до последнего времени специально не занимались анализом творчества Ван-ден-Брука, хотя в некоторых монографиях [54, 55, 63] и освещались отдельные работы ученого. До сих пор среди историков науки нет единого мнения ни о существовании открытия Ван-ден-Брука, ни о значении этого открытия для науки.

Одним из следствий сложившейся ситуации стала множественность терминологии, относящейся к открытию величин зарядов ядер. Кроме величины заряда ядра, это и «атомный номер», и «порядковый номер», и «атомное (порядковое) число», и «зарядовое число», и даже «атомное порядковое число», причем в качестве эквивалентных употребляются главным образом первые два термина. Теоретическое открытие Ван-ден-Брука называется как угодно — от «точки зрения», «предположения» и «гипотезы» до «теории», но только не открытием, хотя каждый раз подчеркивается его принципиальная важность. Нет единообразия и в написании фамилии ученого: в литературе на английском языке было встречено три, на русском — около восьми разных написаний. С ошибками приводятся даже те немногие биографические сведения, которые известны об ученом.

Яркой иллюстрацией того, что могут знать современные специалисты об открытии величин зарядов ядер и его авторе, могли бы быть выдержки из учебной и научно-популярной литературы по физике, химии и ядерной физике. Для краткости мы их опустим. Отметим только, что авторы таких книг, как правило, противоречат друг другу. Нет единообразия ни в терминологии, ни в датах, ни в характеристике положения, впервые введенного в науку Ван-ден-Бруком. Нет единого мнения и о том, кто является автором этого положения. Если читатель даже специально заинтересуется этим вопросом, вряд ли он найдет ответ, просмотрев многие источники. Пожалуй, еще больше запутается.

Действительный вклад Ван-ден-Брука в науку остается неизвестным широкому кругу специалистов и в нашей стране, и за рубежом. Вот почему изучение творчества Ван-ден-Брука стало актуальной необходимостью.

В 1971 г. появилась первая историко-научная работа о творчестве ученого [24], следующие — в 1974 г. и позже [25—31]. В 1974 г. были впервые опубликованы фотографии ученого [26].

В настоящей книге использованы практически все опубликованные до 1980 г. материалы о Ван-ден-Бруке. Основу биографического очерка составили воспоминания, фотографии и другие документы, которые были нам присланы из Голландии родственниками ученого. Используются также архивные материалы. Некоторые из них присланы из голландских архивов, часть их была найдена голландским исследователем д-ром Х. Снелдерсом [28]. Новые архивные материалы обнаружены автором совместно с академиком АН БССР М. А. Ельяшевичем в Минске.

Проблема поиска новых биографических сведений о Ван-ден-Бруке по-прежнему остается актуальной. Все еще неясны некоторые важные обстоятельства его жизни и творчества. Например, не совсем ясны причины возникновения его интереса к естественным наукам, не проверена версия, выдвинутая родственниками, о возможных научных контактах с Марией Кюри, пока не обнаружено ни одного письма Г. Лоренца, адресованного Ван-ден-Бруку, не найдены рукописи неопубликованных работ ученого. В связи с этим мы считали необходимым написать специальный раздел, посвященный поискам материалов о Ван-ден-Бруке и тем проблемам, которые еще предстоит решить. Обнаружение в Минске части личной библиотеки ученого с мно-

гочисленными пометами и архивными вложениями открывает в этом отношении новые возможности.

Большая заслуга в сборе материалов об ученом принадлежит его дочери Катрин Ф. Витсен-Ван-ден-Брук; вряд ли книга была бы написана без ее деятельного участия. Не было случая усомниться в достоверности присылаемых ею документов и воспоминаний. Поэтому часть переписки с ней, относящаяся к жизни или творчеству ученого, приведена в книге полностью. Значительную помощь ей оказали ее сестры — А. Гранпрé-Мольер-Ван-ден-Брук и Л. фон Бруннер-Ван-ден-Брук, ее сын Я. Витсен, Крейн Вермаас с женой и другие родственники, которым автор выражает свою признательность.

Искреннюю благодарность автор выражает хранителю Государственного музея естественных наук в Лейдене П. Ван-дер-Стару и профессору Физической лаборатории им. Г. Камерлинг-Оннеса при Лейденском университете д-ру В. Гейскампу, приславшим в ответ на запрос диссертацию д-ра И. Ван-Спронсена, генеральному директору Голландского государственного архива А. Рибберинку, помощнику секретаря Голландской академии наук (в Гарлеме) И. де Бруейну, И. де Хаану и сотрудникам Голландской академии наук в Гарлеме, приславшим архивные материалы о Ван-ден-Бруке, д-ру Х. Снелдерсу, приславшему свою статью и письмо с подробными ответами на интересовавшие автора вопросы, академику АН БССР М. А. Ельяшевичу, проявившему исключительный интерес к изучению творчества Ван-ден-Брука, директору Института истории естествознания и техники АН СССР члену-корреспонденту АН СССР С. Р. Микулинскому за поддержку и помощь в работе.

Жизнь Антониуса Ван-ден-Брука

Антониус Иоганнес Ван-ден-Брук (Antonius Johannes van den Broek) родился 4 мая 1870 г. в деревне Зутермер недалеко от Гааги [39]. Семья Ван-ден-Бруков¹ — выходцы из маленького селения Ауддорп на одном из прибрежных голландских островов в Северном море, в непосредственной близости к Роттердаму — крупному промышленному, культурному центру и морскому порту [45].

О родителях Ван-ден-Брука сохранилось очень мало сведений. Об отце известно лишь, что он родился 9 декабря 1832 г. в Мидделхарнисе. Ни его имя, ни дату смерти выяснить не удалось. Косвенно можно заключить, что он долгое время работал деревенским нотариусом. Позже основал нотариальную контору в Гааге, где примерно в 1895—1902 гг. работал вместе с сыном. Есть основания считать, что у него был деспотичный характер, особенно проявлявшийся в воспитании детей. Мать Ван-ден-Брука, Фрапциска Нуи (1830—1912), была образованной женщиной, интересовалась естественными науками. По-видимому, именно она благодаря своему более мягкому характеру оказала наибольшее влияние на воспитание сына и формирование его интересов.

О ранних годах жизни А. Ван-ден-Брука ничего не известно. Сохранились лишь две его фотографии.

26 сентября 1889 г. А. Ван-ден-Брук был принят в Лейденский университет на юридическое отделение [34]. Начиная с ноября 1891 г. в течение двух или трех лет он продолжал свое обучение во Франции, в Сорбонне. В Париже он проявил профессиональный интерес к французской системе тюремного заключения, а также к средневековой архитектуре [39]. Затем он возвратился в Лейден. 22 октября 1895 г. в Лейденском университете он публично защитил диссертацию, став доктором юриспруденции [32].

¹ Фамилия «Ван-ден-Брук» типична для голландского языка. Произошла она от названия местности: дословно может быть переведена на русский язык выражением «из топкой, заболоченной вдоль рек местности» («van» — предлог «из» с артиклем «den» в соответствующем падеже [45]).

Диссертационная работа, состоявшая из 32 тезисов [44], была напечатана в ограниченном количестве экземпляров лейденским издателем С. Ван-Дусбургом. Ван-ден-Брук посвятил ее родителям. На сохранившемся в Государственном музее истории естествознания экземпляре тезисов наклеена вырезка из газеты с сообщением о предстоящей защите.

Работа касалась различных вопросов совершенствования голландского законодательства, уголовного кодекса (о выдаче преступников, об отчуждении в зоне, о сокрытии преступников, их перевозке и имуществе, о подделке сберегательной книжки как достоверном подлоге), голландского торгового кодекса (о порядке заключения договора, о просроченном векселе, об анонимном акционерном обществе).

В качестве примеров приведем некоторые тезисы Ван-ден-Брука:

«I. Соединение членства во Второй палате с постом министра должно быть запрещено.

II. Назначение чиновника-секретаря палатой Генеральных штатов является неконституционным²...

X. Было бы желательным до тюремного заключения давать осужденному право заниматься активной работой по его желанию...

XII. Следует применять в судебной практике условный приговор...

XXVI. Женщина, получившая в нашем государственном или с ним приравненном университете степень доктора юриспруденции, должна в дальнейшем допускаться (после принятия присяги) к работе в качестве адвоката или прокурора...

XXX. Рекомендуются принять законодательные акты по отношению к максимальной продолжительности работы или минимальной заработной плате...

XXXII. Дефиниция рабства Юстинианом (*Institutiones*, кн. I, ч. III) ошибочна».

Следует отметить очевидный демократизм и прогрессивный характер тезисов. Но эта работа свидетельствует и о том, как далек был Ван-ден-Брук в это время от более поздних научных интересов.

² Голландский парламент (Генеральные штаты) состоит из двух палат: первая (верхняя) избирается представителями провинций (провинциальными штатами), вторая (нижняя) — непосредственно населением.

В 1896 г. Ван-ден-Брук женился на Элизабет Мауве, дочери известного голландского художника Антона Мауве³ и родственнице знаменитого Винсента Ван-Гога.

Из сохранившегося шутивого письма с тактично-назидательным подтекстом, отправленного жене 14 июня 1896 г., можно заключить, что Ван-ден-Брук смолоду был собранным и целеустремленным человеком, очень дорожил своим временем. Вот как он описывает их совместный визит «к тете Льенте» (по-видимому, близкой родственнице): «По опыту знаю, как долго тянутся эти визиты, и потому я уселся как раз против часов — так, чтобы можно было вскочить без промедления. Тетя Льенте болтает 5 минут непрерывно, после чего мы молчим (все вместе $\frac{1}{3}$ часть всего визита), нежно глядя друг на друга и сочувственно улыбаясь. Потом мы говорим по очереди, но тетя Льенте в три раза больше, чем я, а ты в полтора раза больше тети Льенте, которая понемногу начинает повторяться. Затем мы опять молчим в течение двух минут. Затем тетя говорит 1 минуту. Опять две минуты общего молчания. Ты говоришь 2 минуты, вызывая вздох всеобщего изумления от твоего неожиданного красноречия. Снова 3 минуты молчим. Я говорю полминуты. Тетя Льенте в отчаянии молчит. Тогда я неожиданно чувствую, что время идет напрасно. Я поднимаюсь и выхожу вместе с тобой. Мы пробыли там 40 минут... Сколько времени мы молчали и сколько времени говорил каждый? Кто из нас обоих был самым несчастным? Хорошо, дорогая, теперь за работу!.. Твой Антон». Трудно отделаться от ощущения, что письмо составлено в форме математической задачи-шутки.

В 1897 г. в семье Ван-ден-Бруков родился сын Ян, а впоследствии еще три дочери.

С 1895 г. примерно до 1902 г. Ван-ден-Брук работал в нотариальной конторе своего отца в Гааге в качестве адвоката [44].

Интересно, что примерно к этому времени относится вступление четы Ван-ден-Бруков в толстовское общество, модное в то время в Голландии⁴. Члены общества, как

³ Антон Мауве (1838—1888) — голландский живописец и график, видный представитель «гаагской школы» в живописи. В своих картинах изображал жизнь крестьян и сельскую природу.

⁴ Толстовство — общественное движение, возникшее в 80-х годах XIX в. в России на основе религиозно-философского учения Л. Н. Толстого. Суть его — преобразование общества путем морально-религиозного совершенствования, проповедь «всеобщей

сообщает об этом К. Ф. Витсен-Ван-ден-Брук (в дальнейшем сокращенно — К. Витсен), жили «колониями». Одна из таких «колоний» была образована профессором Ван-Ресом, другая — известным голландским писателем Фредериком Ван-Еденом. Образ жизни был свободным, идеализированным — ведь большинство членов были людьми свободных профессий [43, 50а] ⁵. Однако супруги Ван-ден-Брук пробыли в этом обществе недолго. В течение 1899 г. юрист Ван-ден-Брук неожиданно начинает посещать лекции по праву в Амстердамском университете [33], но вскоре выезжает за границу для изучения экономики: сначала в Вену — к профессору К. Менгеру, затем в Лейпциг — к профессорам Вагнеру и Шмоллеру [45].

Письма Ван-ден-Брука, относящиеся к этому времени, свидетельствуют о его тонкой наблюдательности и широком круге интересов, неизменно обращенных к различным вопросам экономики. В качестве примера приведем страничку из его письма, посланного жене из Лейпцига: «Я хочу описать тебе некоторых здешних профессоров. Один из них — Вагнер — специалист по политэкономии, который знает почти все, что было написано [в его области]. Был директором банка, а также профессором в России. Он носит очки и монокль на постоянно свисающем вниз толстом черном шнурке. Вероятно, для того чтобы побольше работать, он вбегает в аудиторию, где его ждут слушатели, а в конце занятий снова выбегает. Даже когда проводит занятия в течение двух часов, он выбегает на 15-минутный перерыв. Он очень много написал и всегда цитирует свои книги — не заботясь об историческом объяснении материала, что является здесь главной темой, а с уклоном в практику — ужасно убого и неприятно (столь же неприятно, как и грешно). Читает он крикливым голосом и постоянно бьется, подобно рыбе, — после каждого предложения он постоянно, от начала до конца [лекции], качается всем своим телом взад и вперед, как будто это единственный способ на секунду замедлить скорость своей речи...

Другой [профессор] — Шмоллер — тоже экономист. Он более симпатичен. Ведет общую, или теоретическую, эконо-

любви», «непротivления злу насилieм». Известны попытки создания толстовских обществ, например, в Англии, Южной Африке.

⁵ Возможно, что именно участие в таком толстовском обществе привело к тому, что Ван-ден-Брук вдруг занялся экономикой.

ному. Это настоящий знаток исторического метода. Очень хороший собеседник. Он может легко ввести тебя в курс дела, так что хорошо представляешь себе все обстоятельства и ситуации. К тому же он очень умный человек, пользующийся большим влиянием в Германии. Широкое интеллигентное лицо — без необычных отклонений, свойственных Вагнеру. Здесь скоро будет опубликована его книга, которую я возьму с собой. Во время его лекций залы набиты битком. Его очень любят».

По свидетельству дочери, в это время Ван-ден-Брука особенно интересовали научно-философские аспекты экономики. Есть сведения и о его интересе к математике, что, видимо, также было связано с экономикой.

К сожалению, не известны работы Ван-ден-Брука по экономике; упоминаемые им в одном из писем «переработки» статьи или реферата, по-видимому, утеряны. Поэтому установить тему и глубину его занятий затруднительно. В какой-то мере этот пробел можно восполнить анализом списка 32 книг, в основном по экономике, составленного лично Ван-ден-Бруком, очевидно, для продажи и обнаруженного в сентябрьском номере «Philosophical Magazine» за 1917 г. в Фундаментальной библиотеке АН БССР им. Я. Коласа (г. Минск) ⁶.

Предварительно расшифрованный, этот список включает немецкие учебники и учебные пособия по экономике, финансам и политической экономии Г. Пеша, Э. Фридриховича, И. Грунцеля, К. Енча, Ф. Глазера, Г. Шобера и др. Все эти книги были изданы в 1892—1909 гг., а в большинстве своем в 1900—1906 гг.

После 1906 г., видимо сохраняя все же какой-то интерес к экономической проблематике, Ван-ден-Брук приобрел несколько новинок, в том числе «Дело, которому посвятил жизнь К. Маркс» В. Зомбарта (1909). Таким образом, даты приобретения этих книг совпадают с временем его интенсивных занятий экономикой. Учебный и обзорный характер книг, разнообразие их тематики позволяют заключить, что его занятия экономикой ограничились лишь самым общим знакомством с ее проблемами; заинтересованности какой-то частной проблемой, по-видимому, не возникло. К тому же выводу приводит анализ переписки с дочерью ученого. Известно, например, что в одном из

⁶ Находки в Минске описаны в следующем разделе.

писем домой [44] уже из Вены он упомянул об «антиинтересной теории».

Неудовлетворенность занятиями экономикой, по-видимому, не давала ему покоя во время путешествия в Румынию, Грецию и Турцию, которое он совершил в декабре 1905 — феврале 1906 г.⁷ Вполне вероятно, что в поездке он приобрел несколько свежих научных журналов, в том числе первые два выпуска «Philosophical Magazine», которые внимательно, статья за статьей, прочитал. В результате этого интересы Ван-ден-Брука коренным образом меняются — от гуманитарных к сугубо естественнонаучным проблемам, которым он остался верен уже до конца жизни. С марта 1906 г. он начинает систематически выписывать через книжный магазин О. Форста в Антверпене журнал «Philosophical Magazine» и, возможно, «Nature» и «Physikalische Zeitschrift». Через год интенсивных занятий, зимой 1907 г. во время пребывания в Нордвейк-Зее (Голландия), Ван-ден-Брук написал свою первую научную статью. Статья называлась « α -Частица и периодическая система элементов» [1] и была опубликована в известном немецком журнале «Annalen der Physik». Вполне вероятно, что с просьбой оценить и рекомендовать к печати рукопись он обратился к своему соотечественнику, знаменитому физику-теоретику Г. А. Лоренцу, который, возможно, и направил ее в указанный журнал.

К сожалению, не удалось выяснить до конца, что послужило причиной такого крутого поворота интересов Ван-ден-Брука. Голландский историк науки Х. Снелдерс, например, считает, что Ван-ден-Брук «расширил свои интересы в количественных научно-философских аспектах экономики и в математической экономике до области периодической системы химических элементов и структуры атомов» [28]. Такое объяснение нам кажется неудовлетворительным. Скорее всего в основе этого поворота лежал глубокий и рано зародившийся интерес к естественным наукам, особенно к математике, который по каким-то внеш-

⁷ От этой поездки сохранилась виза, в которой приводятся приметы Ван-ден-Брука: волосы и брови светлые, глаза светло-коричневые, нос большой, борода светлая, рост 174 см; носит пенсне, неверующий. Позже Ван-ден-Брук совершил также поездки в Испанию и Италию. Испанию он посещал дважды, делая по этой стране довольно длительные переезды. Во время путешествий его особенно интересовала архитектура. Ее он описывал почти профессионально, поскольку увлекался этим еще в Сорбонне [43].

ним обстоятельствам не мог проявиться своевременно. Был необходим и какой-то «толчок» к устойчивому пробуждению подобного интереса.

В пользу такого предположения свидетельствуют прежде всего проявленные Ван-ден-Бруком впоследствии познания в области математики, физики и химии, а также, и это главное, полученные им принципиально новые научные результаты. Трудно себе представить, чтобы такая разносторонняя и достаточно глубокая естественнонаучная подготовка была достигнута за один год и только в результате самостоятельных занятий. К. Витсен в одном из писем [48] обращает внимание на следующее, по ее мнению, важное обстоятельство: «Его мать и моя бабушка Франциска Нуи имела отношение к занятиям моего отца. Она сама интересовалась физикой и защищала его от влияния других членов семьи, особенно от консервативного и отсталого отца-нотариуса!»

Этот факт действительно очень важен. Он позволяет выдвинуть версию о том, что интерес к естественнонаучным дисциплинам пробудился у Ван-ден-Брука очень рано, но во время выбора будущей профессии решающую роль сыграла воля отца, который, по-видимому, хотел, чтобы его сын стал адвокатом и помогал ему в работе. Вероятно, до поры до времени Ван-ден-Брук был вынужден скрывать или подавлять свои наклонности. В таком случае только смерть отца или независимость от него, связанная с женитьбой на Элизабет Мауве, могла дать молодому человеку возможность свободно следовать своим интересам. (Отсюда можно предположить, что отец скончался в 1899 г., так как Ван-ден-Брук неожиданно перестал посещать занятия на юридическом факультете Амстердамского университета и вскоре уехал в Вену изучать экономику.) Длительный процесс сдерживания естественных интересов, по-видимому, оказался столь глубоким, что он, поддавшись временному увлечению или влиянию, начал искать точку их приложения пока еще в чуждой для себя области — экономике.

Родственники А. Ван-ден-Брука выдвинули предположение, что в Париже у него были научные контакты с Марией Кюри, но этому пока нет доказательств [39, 40]. Естественно предположить, что Ван-ден-Брук присутствовал на одной из ее лекций о радиоактивности, в ходе которой была сформулирована нерешенная проблема размещения радиоэлементов в периодической системе. Конечно,

этого могло и не быть, поскольку изучение радиоактивности и проблема радиоэлементов в то время широко обсуждались на страницах не только научной, но и периодической печати. Во всяком случае проблема размещения радиоэлементов в системе элементов вполне могла увлечь Ван-ден-Брука и стать тем внешним толчком, который на многие годы вперед определил его духовные интересы.

То, как систематически и внимательно (с карандашом в руках) изучал Ван-ден-Брук статьи в «Philosophical Magazine», позволяет, пожалуй, выдвинуть новое предположение о том, как у него возникло желание решать проблему размещения радиоэлементов. В течение всего 1906 г. он внимательно следил за публикациями по крайней мере трех крупнейших научных журналов того времени и на страницах любого из них, вообще говоря, мог не раз столкнуться с этой проблемой. Например, январский и февральский номера «Philosophical Magazine» за 1906 г. были прочитаны им от корки до корки. Оригинальность его первой работы об «альфадной» системе элементов свидетельствует о том, что ключевая важность проблемы размещения радиоэлементов и путь ее решения были осознаны им в результате самостоятельных занятий и собственных размышлений.

Нерешенные проблемы системы элементов целиком захватили Ван-ден-Брука. Естественно, это должно было привести к охлаждению интереса к экономическим вопросам, занимавшим его раньше. В то же время выполнение обязанностей юриста шло своим чередом. Продажа и покупка земель, юридический надзор за землями и всякого рода деятельность, связанная со строительством, отнимали у него много времени и сил.

Вместе с тем известен ряд фактов, свидетельствующих о разносторонности его интересов и увлечений. Так, одно время он был поглощен идеей постройки пяти- и шестиугольных домов, считая четырехугольные строения нерациональными из-за большой потери жилого пространства. Такой шестиугольный дом он построил для себя в 1920 г., где часто уединялся и много работал. В 1925 г. он построил виллу в стиле бунгало [43]. Интересовался также системами кооперации в жилищном строительстве. С несколькими друзьями основал кооперативный поселок Билт-хоувен недалеко от Утрехта.

В одном из писем из Парижа в 1924 г. Ван-ден-Брук с похвалой отзывался о статье в «Le Monde» французского

астронома Ч. Нордмана. В ней обсуждалось влияние физических явлений, в частности пятен на Солнце, на судьбы людей. В конце письма он упоминал о собственном исследовании этого вопроса [43]. Пока неизвестно, закончилось ли это исследование публикацией. Обнаруженные в Минске новые архивные материалы также подтверждают интерес Ван-ден-Брука к астрономии: в декабрьском номере «Philosophical Magazine» за 1923 г. найдена таблица «Сто наиболее ярких звезд» из какого-то французского издания с его пометками.

По свидетельству дочери, Ван-ден-Брук хорошо играл на фортепьяно. В частности, произведения Моцарта он исполнял с особенной легкостью и виртуозностью [40].

С 1903 по 1911 г. Ван-ден-Брук с семьей в течение нескольких лет жил в Бург-ля-Рейн близ Парижа и в Гаутинге близ Мюнхена. После 1911 г. он проживал в разных, как правило, небольших голландских городках, время от времени выезжая за границу, где часто оставался по несколько месяцев. Он очень любил Париж — город, где он завершил свое образование. Много времени он проводил в Парижской национальной библиотеке.

Однако свои научные работы он писал обычно на родине. Первые публикации были отправлены им из Нордвейк-Зее и Дуйхува, публикации 1913—1916 гг. — из Горселя, более поздние — из Де-Билдта и Схевенингена. В семье Ван-ден-Бруков помнят, что он регулярно выписывал лондонский научный журнал «Nature», который прочитывал в конце каждой недели [39].

Интересны воспоминания дочери об отце, в частности о том, как Ван-ден-Брук работал.

«Моя мать была доброй и очень трудолюбивой женщиной.

Что касается моего отца, то я должна сказать, что его совершенно неправильно понимали в кругу семьи и друзей. Он никогда не сообщал о своих занятиях и публикациях. Я не считаю, что он был несчастлив в семье, однако был очень замкнут. (Его общественные контакты большей частью ограничивались друзьями по работе.) Он всегда был вежливым и добрым в обращении. Его здоровье всегда было очень плохим.

Должна признаться, что я плохо относилась к нему. Я никак не могла понять, что он делал в течение многих часов, неподвижно уставившись в одну точку. Это раздражало меня. Теперь я могу понять, что он работал — без

стола, без бумаг, без карандаша. Только маленький блокнот для заметок и то не всегда.

Отец был очень начитан. Предпочитал французский и английский...» [42].

Из этих воспоминаний следует, что Ван-ден-Брук, видимо, никого из близких и друзей не посвящал в свое увлечение физикой. Он понимал, что занятия наукой очень далеки от его повседневной деятельности. Они, с одной стороны, могли повредить его репутации юриста, а с другой — могли быть неправильно поняты окружающими, тем более что он был вправе сомневаться в успехе своей научной работы. Именно поэтому ученый тщательно скрывал свое запоздалое увлечение, отказаться от которого уже не мог.

Перевод своих статей с голландского на языки журналов он делал самостоятельно. Более того, есть основания утверждать, что английским он владел свободно — делал пометы на полях английских журналов и сразу писал черновики статей на этом языке.

Обнаруженные в Фундаментальной библиотеке АН БССР им. Я. Коласа материалы позволяют дополнить воспоминания дочери о том, как Ван-ден-Брук работал.

По получении очередного номера журнала Ван-ден-Брук обычно сначала просматривал оглавление, отмечая свободными размашистыми отчерками заинтересовавшие его статьи. Затем читал их, делая пометки на полях или на особых листках бумаги. Иногда тут же набрасывался черновой текст статьи, который в дальнейшем переписывался набело, дополнялся цитатами, расчетами, новой редакцией отдельных мест. По-видимому, именно так им были написаны небольшие статьи-отклики, опубликованные в «Nature», и отчет «О ядерных электронах» [8] для «Philosophical Magazine». Большие работы для «Physikalische Zeitschrift» [2, 4, 20] писались долго, так как требовали размышлений и посещений библиотек; в ссылках к этим работам есть журналы, которые он явно не выписывал.

Систематических записей (подобных дневникам И. Ридберга или М. Планка) Ван-ден-Брук не вел. Все свидетельствует о том, что свои записи он делал на той бумаге, которая оказывалась под руками, а листки с записями не хранил — они оставлялись между страницами журналов.

На состояние и без того слабого здоровья Ван-ден-Брука сильное влияние оказала трагическая смерть 19-летнего сына зимой 1917 г. — он утонул в полынье, ка-

таясь на коньках на Зюйдер-Зее, теперь осушенном [50a]. Эту тяжелую утрату ученый переживал в течение долгого времени [43]. Возможно, именно это обстоятельство и отразилось на его публикациях — с 1917 г. по февраль 1920 г. в них наступил перерыв. «Должно быть,— пишет К. Витсен,— только сильный дух и развитое чувство здравого смысла восстановили в конце концов его душевное равновесие и здоровье» [43].

Выше упоминалось, что в венский и берлинский периоды изучения экономики Ван-ден-Брук начал проявлять интерес к математике. Факты его пристрастия к операциям над числами и их анализу можно найти во многих его работах. Можно сказать, что умение (даже искусство) находить численно-логическую связь в большом массиве, казалось бы, разрозненных чисел составляло сильнейшую сторону его научного творчества. И поэтому нет ничего удивительного в том, что именно Ван-ден-Брук первым осознал ту особую роль, которую играют порядковые номера элементов в периодической системе Менделеева.

Всего Ван-ден-Бруком были опубликованы 23 научные статьи, 17 из которых (до 1916 г.) посвящены главным образом структуре периодической системы и строению атома, а остальные — проблеме изотопии. Его работа в области изотопии была, пожалуй, не менее упорной и целеустремленной, чем предыдущая работа, приведшая к открытию величин зарядов ядер. Ван-ден-Брук был хорошо знаком с научной литературой своего времени. Его работы содержат около ста шестидесяти ссылок. Он быстро реагировал на интересовавшие его события в науке.

До 1923 г. нет сведений о контактах Ван-ден-Брука с профессиональными учеными. 28 марта 1923 г. профессор физической химии Утрехтского университета Эрнст Коэн и профессор физики Амстердамского университета Реммельт Сиссинг написали в Голландскую академию наук (в Гарлеме) рекомендательное письмо, в котором предлагали принять А. Ван-ден-Брука как физика в члены Академии: «Физическая наука теперь обязана Ван-ден-Бруку общепринятым расположением элементов в периодической системе... обязана достижением конечной цели, к которой стремилось полное физическое знание в области радиологии. Физическая наука обязана Ван-ден-Бруку также связью между зарядом ядра и порядковым номером элемента в периодической таблице. Как доказательство эрудиции в этой области можно считать то, что уже в 1916 г.

Ван-ден-Брук в теории изотопов считал крайне вероятным, что ядро содержит α - и β -частицы и что β -частицы радиоактивных веществ испускаются из ядер⁸. Эти исследования могут составить честь любому физическому и, поскольку они исходят от правоведа, являются в высшей степени замечательными⁹. После того как Г. А. Лоренц на заседании Академии «разъяснил заслуги юриста Ван-ден-Брука в области физики» (из протокола заседания), последний был избран членом Академии.

В сохранившемся письме от 15 мая на имя Г. А. Лоренца Ван-ден-Брук выразил свое удовлетворение по поводу избрания его членом Академии наук и отметил, что готов выполнять связанные с этим обязанности. По-видимому, именно с этого времени между обоими учеными установились контакты (возможно, они даже встречались), о чем свидетельствует приводимый ниже ответ Ван-ден-Брука на неизвестное письмо Г. А. Лоренца. Ван-ден-Брук писал:

«Мне было чрезвычайно приятно узнать из Вашего любезного письма, что сам план нашел одобрение. Как только я вернусь в Голландию, я посмотрю, что смогу сделать. Может быть, я свяжусь с Вами в удобное время или получу Ваше согласие на личные переговоры.

Поскольку Вы любезно согласились на обсуждение моей статьи в Академии наук и она Вас устраивает, я охотно воспользуюсь этим. В течение ряда лет в моем портфеле лежат небольшие статьи, на публикацию которых я не решался. Что касается „строения атома“, то я полагал, что (там, где Зоммерфельд считает проблему оболочек „безнадежной“) всякая количественная регулярность для разделения пространства может иметь значение (какой бы ни была судьба электронов в отношении частей пространства).

С большим интересом жду на это Ваши замечания.
С глубоким уважением.

А. Ван-ден-Брук».

⁸ Очевидно, здесь допущена ошибка в дате — должен стоять 1913 г. Далее будет показано, что уже в январе 1913 г. Ван-ден-Брук впервые опубликовал предположение, что ядра состоят не только из α -частиц, но и из «Н-атомов» и «электронов». К теории изотопов это предположение отношения не имело. Однако в 1916 г. он действительно выдвинул первую систему предсказания изотопов.

⁹ В том же письме Коэн и Сиссинг предлагали избрать иностранным членом Голландской академии наук Макса Лауэ, который и был избран.

MR. A. J. VAN DEN BROEK
STEVINGSTRAAT 133
TEL. 5. 1056

Van hem Cijf D. 44 Sampr. Hamb. Mische. Postgum.
519 193 3

Hoogdeachtbare Heer.

Benteng even aangenaam, was het mij teist en geest
schijnen. Welk dat het plan zelf instemming heeft kunnen vinden
zoodra ik in Holland kwam! Het is wel dat ik verder een wat ik kan van
Mitschien zou ik te gebruiken zijn wel een van 21 maanden of
in persoonlijk bezprekingen der instemming met mij werk gaarne.

Wat een menigvuldige bereidwilligheid tot overlegging
van eigen werk aan de Academie van Wetenschappen heeft
zoo zal ik daarvan, wanneer het wordt. Ik kan te geschiedte
zeer gaarne gebruikt maken. Het is een bijeen klinken bij
draagt, het is een publicatie ik niet kan denken, in postpale
Wat, een Koninklijke der Akad. heeft, dat ik gaarne

het waar bij. Immers het is een probleem der schalen, hopengele mens
elke gewantische nederzettingen van de vermindering (met
het is dat de electoren, kan spreken van de rijkdom kelen wij magen
van de kelen van de kelen, Met grote belangstelling aan ik, een
opmerkingen in den kelen. Met grote belangstelling aan ik, een

Рис. 1. Письмо А. Ван-ден-Брука к Г. А. Лоренцу. 5 сентября 1923 г.

Письмо датировано 5 сентября 1923 г. и отправлено из Мюнхена.

К сожалению, ответить на естественные вопросы, которые вызывает это письмо, затруднительно, поскольку неизвестно, о чем писал Ван-ден-Бруку Лоренц. Неизвестно также, что за план имел в виду Ван-ден-Брук. Не совсем ясно и его замечание о строении атома.

Избрание в Академию стало для Ван-ден-Брука большой радостью. Это позволяло ему установить контакты с профессиональными учеными и дало импульс к дальнейшей работе. В течение всего 1924 г. он работал в Парижской национальной библиотеке, подготавливая, по-видимому, упомянутое в письме к Лоренцу сообщение о своей работе и очередную публикацию [40]. Но работа продвигалась медленно. Вскоре Ван-ден-Брук заболел. Болезнь — анемия (малокровие), — очевидно, была запущена. Уже тяжело больной, ученый однажды сказал навестившему его зятю, что если бы он раньше знал об этой болезни, то смог бы вылечить себя сам [43].

Умер А. Ван-ден-Брук 25 октября 1926 г. в возрасте 56 лет в Билтхоувене, недалеко от Утрехта. Там и был похоронен.

28 октября из Билтхоувена, очевидно, сразу же после похорон вдова Ван-ден-Брука отправила Г. А. Лоренцу следующее письмо:

«Глубокоуважаемый г-н Лоренц!

Настоящим сообщаю Вам, что 25 октября мой муж умер. Когда он диктовал Вам свое послание, он был уже не в состоянии сам подписаться. Поэтому я предлагаю Вам все, что он после себя оставил.

С глубоким уважением Э. М. Ван-ден-Брук-Мауве».

Так последняя рукопись Ван-ден-Брука «К проблеме изотопии» попала к Лоренцу. Дальнейшая судьба рукописи описана в предисловии к статье, опубликованной только в 1929 г. известным голландским физиком Г. А. Крамерсом: «А. Ван-ден-Брук, который известен тем, что первый выдвинул гипотезу об идентичности порядкового номера заряду ядра, интенсивно вплоть до своей смерти занимался — хотя и не был по образованию физиком — проблемой изотопии. Мистерия чисел, обязанная своим появлением измерениям Астона, была для его одаренной натуры особенно привлекательной.

В 1926 г., незадолго до смерти и будучи уже тяжело больным, он продиктовал своей супруге на голландском языке выводы о результатах и закономерностях, которых он достиг своими исследованиями. Как член Голландской академии наук, он собирался сделать публикацию в „Archives Néerlandaises“. После его смерти профессор Г. А. Лоренц обещал жене Ван-ден-Брука взять на себя заботу о публикации. Но преждевременная смерть Лоренца помешала выполнению этого обещания. Вот почему рукопись только теперь, с опозданием, представлена к публикации.

Текст по возможности точно переведен на немецкий, но так как невозможно было всегда следовать ходу мыслей оригинала (недостаточность изложения вполне ощущалась составителем, особенно в конце), при переводе могли произвольно вкратце вкратце вкратце неточности. Но читателю должно быть ясно, что Ван-ден-Бруку представлялась вполне определенная картина строения системы изотопов, и мы выражаем надежду, что его мысли принесут пользу будущим исследованиям» [23, с. 143].

К этому следует лишь добавить, что появлением последней работы ученого мы обязаны также и его вдове, Э. М. Ван-ден-Брук-Мауве, которая, по-видимому, выполняя волю мужа, проявила настойчивость в том, чтобы его рукопись была опубликована [43]. Умерла она в 1947 г. в Гааге от сердечного приступа.

Поиски архивных материалов о Ван-ден-Бруке

Трудности, с которыми мы столкнулись при воссоздании обстоятельств жизни Ван-ден-Брука, пожалуй, типичны для работы историка науки. Проблема сохранности биографических материалов ученых, внесших заметный вклад в развитие человеческого знания, не решена до сих пор. Ее острота может быть снята в будущем, что, вероятно, будет связано с успехами в развитии истории науки, когда последняя будет поспевать за темпами самой науки, но полностью эта проблема вряд ли когда-либо будет решена. Поэтому работа историка науки как биографа — это постоянная борьба с разрушительным действием времени за сохранение памяти о наиболее выдающихся ученых и, главное, за накопление материала о закономерностях мышления.

Коллизии поисков материалов о Ван-ден-Бруке, интересные сами по себе, не являются целью настоящей главы. Ее задача состоит в другом — обратить внимание на незавершенность проведенных поисков, наметить их дальнейшие пути, и, что очень хотелось бы, сделать читателей возможными их участниками. Такое участие вполне реально; очевидно, как это будет показано ниже, кто-то из читателей держал или будет держать в руках журналы или книги, принадлежавшие когда-то Ван-ден-Бруку и содержащие его пометы и архивные вложения.

В результате активных поисков, предпринятых нами в конце 1973 г., было выяснено, что о Ван-ден-Бруке известно очень мало. Были обнаружены лишь предисловие Г. Крамерса к немецкому переводу посмертной статьи Ван-ден-Брука [23], краткая биографическая справка в издании Поггендорфа [35] и статья японского исследователя Т. Хиросиге о творчестве голландского ученого [24].

Были также найдены две протокольные записи. Одна из них о том, что «Антониус Иоганнес Ван-ден-Брук, юрист, родился в г. Зутермере в 1870 г., прервал учебу» в Амстердамском университете в 1899 г. [33]. Вторая запись относится к 1923 г., когда «м-р А. И. Ван-ден-Брук из Схевенингена» был избран членом «Голландской академии наук в Гарлеме» [36].

На основе таких скудных данных весной 1974 г. нами была подготовлена статья о творчестве Ван-ден-Брука [27]¹, в которой была приведена полная библиография его работ и содержались два основных вывода: во-первых, что «Ван-ден-Бруку принадлежит четко сформулированное теоретическое открытие», а не гипотеза, как это утверждалось ранее²; во-вторых, «имеющие место в истории науки неточности в оценках вклада Ван-ден-Брука в науку происходят, по-видимому, от недостатка сведений об этом голландском ученом и его научном творчестве» [27, с. 56—57].

Следующим этапом нашей работы стал поиск архивных материалов о Ван-ден-Бруке. С этой целью были направлены запросы в Голландию — в Королевское естественно-историческое общество Нидерландов в Роттердаме, в биб-

¹ Номер журнала, в котором помещена эта статья, был сдан в набор 21 октября 1974 г.

² Такой же вывод мной был сделан и в работе [25, с. 85], которая вышла из печати в конце 1974 г.

блиотеку Королевской нидерландской академии наук в Амстердаме, а также в Генеральный государственный архив в Гааге. 3 февраля 1974 г. пришел ответ от директора этого архива А. Рибберинка [37], сообщившего, что ни в самом архиве, ни в Голландской академии наук в Гарлеме, ни в Королевской нидерландской академии наук в Амстердаме материалов о Ван-ден-Бруке найти не удалось. Единственное новое, что было найдено, это письма Ван-ден-Брука к Г. А. Лоренцу от 5 сентября 1923 г. и жены Ван-ден-Брука к Лоренцу от 28 октября 1926 г. с извещением о смерти мужа.

Оба письма были написаны на почтовой бумаге с отпечатанными типографским способом старыми домашними адресами и телефонами Ван-ден-Брука. По этим адресам мы сразу же направили письма-запросы. Кроме того, были посланы письма голландскому историку науки И. Ван-Спронсену и мэру города Билтхоувена, где скончался Ван-ден-Брук. Одно из этих писем в конце концов попало к родственникам ученого, и 11 марта 1974 г. мы получили долгожданную телеграмму: «Получено письмо об А. И. Ван-ден-Бруке. Ответ сегодня. Витсен».

С тех пор мы регулярно ведем переписку с дочерью Ван-ден-Брука, Катрин Витсен. Она прислала свои воспоминания об отце, фотографии и другие материалы. Активное участие в сборе материалов и переписке принимали также другие родственники ученого.

20 февраля 1974 г. пришло письмо из Государственного музея истории естественных наук в Лейдене [38]. Оно было ответом на запрос в Королевское естественноисторическое общество Нидерландов. Хранитель музея П. Ван-дер-Стар сообщал, что он и профессор В. Гейскамп из Физической лаборатории им. Г. Каммерлинг-Оннеса при Лейденском университете могут выслать только диссертацию И. Ван-Спронсена, в ссылках которой упоминаются отдельные работы Ван-ден-Брука.

Таким образом, главным результатом запросов в голландские архивы стали два упомянутых письма Г. Лоренцу, сыгравших, по-видимому, решающую роль в розыске родственников ученого.

Другим не менее важным результатом запросов в Голландию было исследование о Ван-ден-Бруке, выполненное сотрудником Института истории математики и неорганического естествознания при Утрехтском университете доктором Х. Снелдерсом.

«Под влиянием Вашего интереса к жизни и творчеству А. Ван-ден-Брука,— писала нам К. Витсен в письме от 9 апреля 1974 г.,— теперь и в Утрехтском университете деятельно взялись за подготовку публикаций о нем. Естественно, что и туда я послала некоторые материалы, но несколько фотографий, в том числе относящиеся к важнейшему для Ван-ден-Брука 1913 году, я припасла для Вас». Позже, в письме от 6 июня того же года, К. Витсен сообщала о ходе этой работы: «Я слышала от д-ра Снелдерса — сотрудника Государственного университета в Утрехте, что он собрал двадцать четыре³ работы и три интересных письма, имеющих отношение к моему отцу. Сейчас д-р С[нелдерс] проводит исследование. Надеюсь, что со временем я смогу выслать Вам его публикацию». В письме от 8 января 1975 г., направляя свою первую работу о Ван-ден-Бруке [26], д-р Х. Снелдерс сообщил директору Института истории естествознания и техники АН СССР члену-корреспонденту АН СССР С. Р. Микулинскому, что ему стало известно о проявляемом в СССР интересе к биографическим материалам о Ван-ден-Бруке от профессора В. Гейскампа. Отсюда следует, что начало исследований д-ра Х. Снелдерса относится к февралю 1974 г.

Первая статья Х. Снелдерса была опубликована 16 ноября 1974 г. [26], вторая — в феврале 1975 г. [28]. Наиболее ценное в этих статьях — новые архивные материалы и публикация первых фотографий Ван-ден-Брука. В архиве Голландской академии наук Снелдерсом были найдены неизвестные ранее письмо Э. Коэна и Р. Сиссинга от 28 марта 1923 г. с предложением избрать Ван-ден-Брука членом Академии наук в Гарлеме и письмо Ван-ден-Брука от 15 мая 1923 г. Г. А. Лоренцу, бывшему тогда ученым секретарем академии, с выражением признательности в связи с избранием. Кроме того, Снелдерс упоминает о хранящемся у К. Витсен письме Лоренца, посланном им вдове Ван-ден-Брука 13 января 1927 г. из США (Пасадена, штат Калифорния). В нем выражалось соболезнование в связи с кончиной А. Ван-ден-Брука. Остальные публикации, на которые ссылался Снелдерс, были уже нам известны.

Своими публикациями [26, 28] Снелдерс, видимо, и закончил поиск биографических материалов и исследование

³ Это ошибка. Известны только 23 работы ученого (см. библиографию в [27, 28] и в конце книги).

творчества Ван-ден-Брука. Между тем остался ряд нерешенных проблем. Главная из них — поиск личного архива А. Ван-ден-Брука, который, по нашему мнению, должен существовать.

В письмах дочери ученого мы неоднократно и настойчиво указывали на необходимость поиска личного архива Ван-ден-Брука — адресованные ему письма жены, письма Г. А. Лоренца, друзей, хранимые «в течение ряда лет» статьи, на публикацию которых он «не решался», и т. п. Только несчастный случай мог привести, например, к уничтожению такой реликвии, как письма всемирно известного ученого Г. А. Лоренца, уже при жизни ставшего гордостью Голландии. Тем более что ценность этих писем должна была осознавать жена ученого, Э. Ван-ден-Брук-Мауве, которая хорошо знала о его внутренней, тщательно скрываемой от других, напряженной духовной жизни.

К. Витсен сообщает, что личный архив ученого не обнаружен: «Так как после его смерти все его книги были проданы моей матерью, мы теперь не знаем, какие книги у него были» [44]; «Письма, которые имеются у нас, относятся к периоду изучения им права в Париже, и хотя они очень занимательны и богаты сведениями, они не имеют отношения к его изучению физики. То же относится к письмам из Вены и Берлина, где он изучал экономику. Что касается причины его заинтересованности физикой в последующие годы, какая-либо информация отсутствует» [40]; «Сожалею, но я даже не знаю, что я могла бы написать о моем дорогом отце, кроме того, что я уже сделала в моих письмах... Эти факты я должна вытаскивать из самых темных уголков своей памяти; они же являются результатом многочисленных вопросов друзьям, членам семьи и т. д. Со временем я напишу Вам что-нибудь о его матери. Это может быть очень важным, но прежде я должна навести точные справки» [45]; «Я получила Ваше письмо от 28 августа 1975 г. об архиве [моего отца]. Боюсь, что мы вряд ли хоть как-то сможем помочь Вам. Однако мы сделаем все, что будет возможно» [46].

Наконец, в январе 1977 г. автор сообщил К. Витсен, что собирается писать книгу о Ван-ден-Бруке, но биографических материалов о нем по-прежнему недостаточно, в частности не найден архив ученого. Последовал ответ: «Что Вы подразумеваете под словом „недостаточно“!? Меня оно очень расстроило! Ведь я Вам писала неоднократно, что я сделала для Вас все, что было возможно,

поверьте мне! Вместе с тем я понимаю Вас — никто другой не сможет дать сведений, столь необходимых для Вашего исследования» [49].

Так реакция на нечаянно оброненную в письме фразу, пожалуй, впервые заставила нас серьезно задуматься над тем, не много ли мы хотим от родственников ученого. Сможем ли мы, например, сами восстановить по годам жизнь своих родителей, хотя бы так, как это сделали дочери Ван-ден-Брука? Они имеют полное право гордиться тем, что сохранили много ценных сведений, позволивших написать довольно полный биографический очерк об ученом. Дальнейший поиск материалов о Ван-ден-Бруке должен был идти другими путями.

Необходимо было проследить, где жила вдова Ван-ден-Брука после смерти мужа и кому она могла передать (или продать) его книги, а возможно, и архив. Пока неясно, какие материалы она отослала Лоренцу в октябре 1926 г. и что из них попало к Крамерсу.

Не менее важными были и другие направления поисков: докторская диссертация Ван-ден-Брука и связанные с ней обстоятельства; выяснение возможных научных контактов с М. Кюри; эволюция взглядов Ван-ден-Брука в области экономики (закончить изучение имеющихся у родственников писем жене до 1906 г., поиск возможных публикаций по экономике); выявление материалов, относящихся к деятельности Ван-ден-Брука как юриста; сбор материалов по местам проживания семьи Ван-ден-Брука в Голландии и за ее пределами и т. д. Разумеется, такой поиск легче и естественнее было бы вести в Голландии или из Голландии.

После того как книга была написана и уже сдана в издательство, произошло событие, придавшее поискам материалов о Ван-ден-Бруке новое, неожиданное и важное направление.

Несколько лет тому назад академик АН БССР М. А. Ельяшевич, просматривая в Фундаментальной библиотеке АН БССР им. Я. Коласа номера журнала «Philosophical Magazine» за март и апрель 1914 г., неожиданно обнаружил между страницами этих номеров два авторских оттиска (один неполный) первой статьи Ван-ден-Брука с его припиской в конце (рис. 2) и два листа рукописных текстов (рис. 3 и 4). Анализ содержания по крайней мере одного текста (рис. 3) привел М. А. Ельяшевича к заключению, что текст написан Ван-ден-Бруком. Опубликован-

nur U (238,5 statt 240), sondern sowohl Bi (208,5 statt 206) wie Ba (137,4 statt 136) und Mo (96 und 96) am besten stimmen.

Wir sind also nicht nur berechtigt, sondern sogar gezwungen zu der Annahme: Dem jetzigen periodischen System der Elemente liegt ein System der Alphaden zugrunde, oder: die Elemente sind nur sekundäre Abänderungen von α -Teilchenkonglomerationen oder Alphaden.

Noordwyk, 10. Febr. 1907.

(Eingegangen 11. März 1907.)

Dem PS liegt ein System von allen
möglichen Konglomerationen von halben
Helium-Atomen (positiv erwartet)
also einer kontinuierlichen Reihe
aller eben ganzen Zahlen bis 240
zu Grunde.

Рис. 2. Страница авторского оттиска с новым вариантом выводов статьи Ван-ден-Брука 1907 г. Март — апрель 1914 г.

ное сообщение о находке [58] было кратким и осталось, по-видимому, незамеченным.

В апреле 1978 г. автор обратился к академику М. А. Ельяшевичу с просьбой выступить оппонентом на защите диссертации [31]. Поскольку в диссертации давался подробный анализ научного творчества Ван-ден-Брука и были собраны все известные биографические данные о нем, естественно, что во время встречи с М. А. Ельяшевичем в Минске речь зашла о найденных материалах. Было установлено сходство почерка найденных текстов с почерком Ван-ден-Брука (по письму к Лоренцу), была установлена принадлежность ученому всех обнаруженных материалов и их важность для освещения его творчества. Более того, был осуществлен предварительный просмотр номеров журнала «Philosophical Maga-

In his paper on "The Structure of the atom", Sir E. Rutherford
 for "C" as a matter of fact in a paper
 "3" 7 years ago. I proposed the hypothesis that
 the C corresponds to a system of all possible combina-
 tions of half atoms of helium, in other words
 that the n^{th} element in the system contains n
 half atoms of helium. Of course, there being charge
 on such a particle being one, this involved that
 the number of electrons for each atom was equal to
 about half the atomic weight and equal to the atomic number
 that has however the number of electrons per
 atom was supposed to be equal to the atomic weight
 (Thomson) or said to 3 times that value (Crookes)
 and even 4 times (Wilson). It was in 1911 also
 that Rutherford passed for the Thomson atom, and
 Rutherford for the now well known nucleus atom
 that the number of electrons was indeed equal to
 about half the atomic weight, and hence, add-
 ing this nucleus atom, I immediately after
 I stated that "C". The only difficulty
 The atomic number ^{is now} being equal to
 half the atomic weight, and

Рис. 3. Черновой набросок неопубликованной статьи Ван-ден-Брука. Март — апрель 1914 г.

zine» с 1906 по 1925 г., хранящихся в Фундаментальной библиотеке АН БССР. Осмотр выявил пометы на многих журналах и отдельные листки с расчетами, безусловно, как казалось, принадлежащие Ван-ден-Бруку. Одновременно на некоторых номерах журнала с пометами ученого были обнаружены наклеенные экслибрисы книготорговца (иногда это были просто чернильные штампы) с адресом «O. Forst. Libraire, Place de Meir, 69, Anvers».

Первоначально, хотя и очень смущала вольность, с которой делались на полях и таблицах журнала карандашные и чернильные пометы, мы пришли к оказавшемуся впоследствии ошибочным предположению, что Ван-ден-Брук регулярно посещал какую-то частную библиотеку книготорговца О. Форста в Антверпене — крупнейшем го-

a single
 e, on Bohr's theory for ~~an~~ ^{the} electron rotating in a circular orbit round a positive nucleus of charge $(M-1)$ we get $v = \frac{2\pi e^2}{h} (M-1)$. Now the velocity of electrons required to excite this radiation must be greater. So Sadler found for the ~~relation~~ ^{relation} that the absorptivity of the excited radiation is that of the exciting about $1/10$ for Fe Co Cu.
 Hence the velocity required to excite this radiation, according to Widdington about $A \cdot 10^9$ cm/sec (A = atomic weight) may be calculated from Widdington's figures to be much nearer to $2.24 \times 10^9 (M-1)$ cm/sec.

	Fe	Co	Fe	Co	Fe	Co	Fe
$V \times 10^{-9}$	2.66	5.09	5.03	5.17	6.26	6.32	7.38
A	56	59	56	59	63	65	79
$M-1$	55	58	55	58	62	64	78
$(v \times 10^{-9})/A$	0.26	0.90	1.04	1.05	0.98	0.97	0.93
$(v \times 10^{-9})/(M-1)$	1.73	2.21	2.33	2.20	2.24	2.10	2.24
$(v \times 10^{-9})/(2.24(M-1))$	0.90	1.03	1.01	0.99	0.99	0.99	0.99

(0.99) 0.23
 (2.25) 0.12

Рис. 4. Страница одного из вариантов опубликованной статьи Ванден-Брука. Март — апрель 1914 г.

роде Бельгии вблизи границы с Голландией (Anvers — французское название Антверпена). По просьбе автора К. Витсен совершила поездку в этот город по указанному адресу и нанесла визит бывшему директору публичной городской библиотеки Смуку.

Смук ничего не знал о частной библиотеке О. Форста, но вспомнил, что его книжный магазин «La Grande Librairie, O. Forst» располагался в здании на Place de Meir, 75, которое было построено в 1903 г. и в котором в настоящее время помещается театр. Это был один из двух книжных немецких магазинов Антверпена до 1918 г. (еще один — французский). Другой находился на Groenplaats и принадлежал Акерману. В 1914 г., когда Бельгия вступила в войну с Германией, имущество обоих немецких магази-

нов было конфисковано. После войны книжный магазин на Place de Meir вновь открылся под названием «La Grande Libraire» (без «O. Forst»). В заключение беседы Смул дал адреса Г. Азаерта в Бельгии и Г. Рошера в ФРГ, которые, по его мнению, могли помочь в наших дальнейших розысках.

Обмен письмами с Г. Азаертом и сыном Г. Рошера в октябре-ноябре 1978 г. практически ничего не дал, кроме некоторых данных об О. Форсте и того, что действительно до 1914 г. в Антверпене находился книжный магазин, владельцем которого он был.

Так оборвалась нить поисков, идущая из Антверпена. Никто не подтвердил предположения, что существовала какая-то частная библиотека книготорговца О. Форста по указанному адресу. Как будто ее вовсе и не было... А может быть, была и нужно продолжать поиски?.. Однако прежде чем начинать их снова, в марте 1979 г. было решено вновь поехать в Минск для описания помет Ван-ден-Брука и обнаруженных в журнале материалов, а заодно по ссылкам из его работ проверить, нет ли в библиотеках этого города других книг и журналов с его пометами. Дополнительной целью было узнать, как попали туда эти номера журнала, иначе говоря, попытаться искать с другого конца — из Минска.

Первые же шаги в Минске привели к важным результатам.

Однако сначала — несколько слов о судьбе, постигшей Фундаментальную библиотеку АН БССР и имеющей прямое отношение к формированию ее фондов.

Во время Великой Отечественной войны (а Минск был оккупирован через семь дней после ее начала) практически весь наиболее ценный фонд библиотеки — примерно 250 тыс. из 350 тыс. единиц хранения — был вывезен в Германию. «Помещение библиотеки было превращено в солдатские казармы, библиотечное оборудование разбито, каталоги и картотеки уничтожены. Большая часть книгохранилища превращена в склад и уборные, а оставшиеся книги выброшены под лестницу и засыпаны мусором... Фашисты осуществляли отбор литературы по спискам, присылавшимся из Берлина. Этой работой руководили специально прибывшие из Германии представители штаба Розенберга доктор Рихель, директор Кенигсбергской библиотеки, доктора Мах, Мюллер, Кох и др. Во время бегства фашисты сожгли помещение академии вместе с остатками

оборудования и книг. Одна из крупнейших библиотек Белоруссии, казалось, перестала существовать»⁴.

Восстановление фонда библиотеки началось сразу же после освобождения Минска и шло самыми разными путями — в основном из государственных книжных фондов московских и ленинградских библиотек, покупкой в букинистических магазинах Москвы и Ленинграда, приобретением частных библиотек. Начиная с 1945 г. стали возвращать литературу, вывезенную фашистами в Германию. География мест, где оказались книги из Минска, охватывает чуть ли не всю Европу — Ратиборг, Пщина, Познань, Кенигсберг, Померания, Рыбник, Прага, Берлин, Мюнхен, Будапешт и даже просто «Германия за Одером» (из солдатских записей на книгах в марте 1945 г.). Книги приходили в вагонах — в ящиках или навалом. Пожилые минчане помнят, как холодной осенью 1945 г. сразу пришло 56 вагонов с книгами⁵.

Естественно, что в то время главной заботой было спасение книг и поэтому никаких документов о поступавших книгах (откуда какая) не составлялось. Это подтвердили участники описываемых событий, с которыми автору довелось беседовать. Если к этому добавить, что после того как в Минске оказались книги и из других библиотек и частных собраний СССР и стран Европы (например, две тысячи книг киевского академика Е. Ф. Карского), то попытка выяснить в этом «книжном море», откуда попал в Фундаментальную библиотеку комплект журнала «*Philosophical Magazine*» с пометами Ван-ден-Брука, заранее казалась безнадежной. Что было делать? Вот тут-то и состоялся очень важный разговор с К. Г. Шерманом — сотрудником издательского отдела библиотеки. Он заинтересовал нас тем, что, будучи журналистом, в свое время⁶ восстановил историю солдата, который отправлял на Родину минские книги. Однако разговор с К. Г. Шерманом получил неожиданную концовку.

Не раз имея дело с зарубежными книготорговцами, он обратил наше внимание на то, что экслибрис «*O. Forst...*» — это обычный знак книготорговцев, применяемый, как пра-

⁴ Баява Г. М., Филиппик В. В. Из истории Фундаментальной библиотеки АН БССР (1941—1959 гг.). — В кн.: Библиотечное дело и библиография в системе библиотек АН БССР. Минск, 1976, с. 13.

⁵ Кончин Е., Березнев А. Возвращение сокровищ. — Знамя юности, 1977, 9 мая.

⁶ Советская Белоруссия, 1969, 20 сент.

вило, для рекламы своего магазина и для сохранения связей с покупателями; что вовсе не обязательно искать частную библиотеку книготорговца, а обнаруженные журналы — просто та их часть, которая принадлежала ученому. Иначе говоря, получалось то, что трудно, просто невероятно было даже предположить, — в Минске обнаружена *часть личной библиотеки Ван-ден-Брука*. В таком случае действительно все становилось на свои места: и вольность помет ученого, и особые карандашные записи на обложках журналов, и систематическое «забывание» ученым своих записей между страниц научных статей.

Задним числом мы не раз спрашивали себя, почему такая простая мысль не пришла сразу в голову, хотя бы в форме предположения. Некоторым оправданием может служить невероятность самого факта, что часть личных журналов ученого могла оказаться в Минске, так далеко от Голландии, а также, возможно, особенность психологии — уж очень мы привыкли к тому, что наши книжные магазины не оставляют своих экслибрисов на продаваемых книгах и журналах.

После такого «открытия» необходимо было еще раз убедиться, хотя бы по косвенным признакам, что журнал действительно был в личном пользовании ученого. Сделать это можно было, только имея номера журнала в руках, и *все одновременно*. Мы решили еще раз осмотреть весь комплект номеров журнала непосредственно в хранилище.

Уже одного взгляда на стеллаж было достаточно, чтобы убедиться в общей судьбе комплекта журнала (из читального зала этого нельзя было увидеть). Отдельные (непереплетенные в тома) номера журнала с однотипными пометами на обложках стояли начиная с январского номера 1906 г. по январский номер 1924 г. — период наиболее активной научной деятельности Ван-ден-Брука. Эти даты очень важны для освещения его жизни. Январь 1906 г. — начало серьезных занятий естественнонаучной проблематикой: первый и часть второго номера журнала были им прочитаны подряд, статья за статьей — остались характерные, маленькие косые крестики против каждой статьи в оглавлении. Через год, в феврале 1907 г., он направил в «*Annalen der Physik*» свою первую научную статью. В начале же 1924 г. Ван-ден-Брук, по-видимому, заболел и уже больше не вставал. Сроки вполне согласовались с тем, что было известно об ученом, но именно таким образом они впервые были установлены документально.

Слабые карандашные записи на обложках некоторых номеров (очевидно, курьера или для курьера) свидетельствуют о том, что это была подписка: например, надписи типа «*Junuari volgt*» (№ 194, февраль 1917 г.), «*May no. volgt*» (№ 198, июнь 1917 г.), а также проставленная карандашом цена некоторых номеров. Если это так, то в первоначальном комплекте могли быть еще и номера по крайней мере до июня 1924 г. включительно. Так же как была, но по самым разным причинам выпала из комплекта за 50 лет примерно треть номеров (номера журнала без характерных помет и номера, отсутствовавшие в хранилище в момент осмотра).

Повторный осмотр номеров позволил обнаружить новые пометы и вложения. Приводим их полный перечень (в порядке номеров журнала):

1. Напечатанная на пишущей машинке с синей лентой на вырванной из блокнота почтовой бумаге с водяными знаками и с несколькими исправлениями от руки «Таблица резонансных спектров I (53), возбужденных Hg (80). Линии 5460,7...» (№ 71, ноябрь 1906 г.).

Очевидно, что это гораздо более позднее вложение (правильно указаны порядковые номера йода и ртути). Вполне возможно, что это страница рукописи одной из неопубликованных работ Ван-ден-Брука. На это указывают написания цифр 4 и 8, способ зачеркивания замеченной неправомерности, типичные для Ван-ден-Брука, его особый интерес (пометы и отчеркивания в оглавлениях номеров) к статьям Р. Вуда по резонансным спектрам йода и сама попытка представления длин волн спектров функцией рациональных чисел.

2. Вырезанные из блокнота четыре линованных листка бумаги верже, на двух из которых Ван-ден-Брук делал черновые расчеты, найдены в № 144 за декабрь 1912 г.

3. Следующие материалы обнаружены между страниц статей Э. Резерфорда «Строение атома» (№ 159, март 1914 г.), Г. Мозли «Высокочастотные спектры элементов. ч. II» (№ 160, апрель 1914 г.) и Дж. Николсона «Высокочастотные спектры элементов и строение атома» (там же):

а) авторский оттиск первой статьи Ван-ден-Брука с пометами и новой редакцией вывода статьи (см. рис. 2);

б) часть другого оттиска той же статьи (с. 201–203 с задней обложкой) без каких-либо помет;

в) набросок текста неопубликованной работы «В сво-

ей статье о структуре атома сэр Э. Резерфорд...» (см. рис. 3);

г) страница рукописи (один из вариантов) опубликованной статьи Ван-ден-Брука [10] (см. рис. 4). На обороте сложенной вдвое страницы — ряд сокращенных карандашных записей-помет;

д) три листка ($12,8 \times 10,4$ см) в ту же крупную учебную клетку с числовыми расчетами, вызванными более поздней работой И. Малмера «Высокочастотные спектры элементов» [96]. Такие, уже встречавшиеся листки одного и того же размера, по-видимому, вырезаны из блокнота (блокнотов), так как кромки каждого из них с трех сторон закрашены.

4. В № 201 за сентябрь 1917 г. найден сложенный вдвое листок с перечнем книг по экономике, предназначенных, по-видимому, для продажи (справа проставлена цена в немецких марках).

5. В № 220 (апрель 1919 г.) около вклеек-приложений обнаружено письмо Ван-ден-Бруку из банковского агентства в Утрехте, датированное 6 мая 1919 г.

Попытка расшифровать во Внешторгбанке СССР лаконичный язык голландского банковского письма далекого 1919 г., понятный лишь посвященным, а то и только адресату (вспомним об охраняемой законом тайне личного вклада), оказалась безрезультатной. Кроме очевидного вывода, что у Ван-ден-Брука было какое-то «дело» в банке, интересно также то, что это письмо, датированное 6 мая 1919 г., было найдено в апрельском номере журнала того же года, т. е. либо журнал был получен одновременно с письмом, либо письмо было получено в то время, когда ученый читал недавно полученный журнал. Связь двух дат очевидна.

6. Таблица международных атомных весов за 1912 г. (немецкого издательства «R. Friedländer und Sohn», Berlin, NW. 6, Karlstraße, 11) найдена в № 228 за декабрь 1919 г.

7. В № 261 (сентябрь 1922 г.), где на с. 546—573 была опубликована статья Д. Костера «О спектрах X-лучей и теории атомного строения», имеющая пометы Ван-ден-Брука, найдены следующие вложения:

а) около с. 476 — вырезанная из статьи Н. Бора «Строение атома» (Нобелевская лекция), опубликованной в «Nature» за 1923 г., диаграмма характеристических рентгеновских спектров элементов с пометами Ван-ден-Брука. Обнаружение такой вырезки является косвенным свиде-

тельством того, что ученый выписывал еще и лондонский журнал «Nature»;

б) около с. 528 и с. 564 — черновики расчетов и схем;

в) около задней обложки журнала найден листок, с двух сторон которого дано распределение электронов по орбитах в атомах — черновик таблицы 1 из обзорной работы Ван-ден-Брука [16].

8. В № 276 за декабрь 1923 г. обнаружена таблица «Сто наиболее ярких звезд» с пометами Ван-ден-Брука — страница из пока не установленного французского издания. Такая находка подтверждает интерес ученого к астрономии, на который впервые обратила внимание его дочь в своих письмах.

К этому следует добавить, что 24 статьи имеют пометы Ван-ден-Брука и отчеркнуты в оглавлениях номеров. Отчеркнутые в оглавлениях еще 36 статей не имеют помет на страницах журнала.

Интересы автора помет и отчеркиваний — радиоактивность, положительные лучи Дж. Дж. Томсона, строение атома, характеристическое рентгеновское излучение, теория атомного строения Бора, масс-спектрокопия — безусловно типичны для Ван-ден-Брука. Вместе с тем отметим, что эти интересы значительно выходили за рамки вопросов, нашедших отражение в его публикациях. Примерами могут служить работы О. Лоджа о плотности эфира (1907), О. Ричардсона по теории фотоэлектрического действия (1912), Н. Кэмпбелла о дельта-лучах (1912), Дж. Валкера по термодинамическим циклам (1917) и др. Особо отметим работы Р. Вуда по резонансным спектрам (1909, 1912). По-видимому, Ван-ден-Брук возвратился к ним после 1914 г. и написал статью, которая так и не была опубликована.

Основной круг авторов, статьи которых неизменно интересовали Ван-ден-Брука, — Э. Резерфорд, Ч. Баркла, Дж. Дж. Томсон, В. Брэгг, Ф. Содди, Г. Гейгер, Э. Марсден, Ч. Дарвин, Г. Мозли, Ф. Астон. Уже с 1906 г. Ван-ден-Брук внимательно следил за работами этих ученых. Поэтому не должно вызывать удивления, что он, как это будет показано в дальнейшем, без промедления откликался на некоторые публикации, в том числе на ядерную модель атома Резерфорда и соотношение $Z \approx \frac{1}{2} A$ Резерфорда — Баркла в июле 1911 г.

Доказательство принадлежности обнаруженных материалов Ван-ден-Бруку следует из всех приведенных выше

фактов: из помет и отчерков статей в оглавлениях выпусков, почти всегда однотипных по характеру и подтверждающих круг интересов ученого, а также из очевидной идентичности почерков (особенно при написании цифр), из однозначно установленного авторства опубликованных и неопубликованных записей, наконец, из адресованного непосредственно ученому письма из банка. Ни один из описанных материалов не оставляет сомнений на этот счет. Такой вывод подтверждает и почерковедческая экспертиза⁷.

Дополнительными доказательствами того, что изученные номера «Philosophical Magazine» были в личном пользовании, могут быть следующие факты. Кроме экслибрисов (штампов) «O. Forst. Libraire, Place de Meir 69, Anvers», «P-05», «P-02» на некоторых обложках номеров встречаются карандашные, иногда трудно разбираемые записи, очевидно, курьера или для курьера, которые можно прочесть как «Mr. Oboussier (fils), rue Peter Benoit», «Scheltema» (Scheltenna?) с цифрами от 1 до 3. Выше уже отмечались карандашные записи «Januari volgt», «May no. volgt» и проставленная цена отдельных номеров журнала. Возможно, что Ван-ден-Брук пользовался услугами посредника в Бельгии, который пересылал ему журналы в Голландию.

Если исходить из того, что журналы были в личном пользовании, становится понятным то, что обнаружен не один целый, а «полтора оттиска» первой работы Ван-ден-Брука. Понятно и то, что ученый не боялся оставлять самые разные материалы в собственных журналах домашней библиотеки.

Найденные в Минске материалы подтверждают, ничему из ранее известного не противореча, и значительно расширяют наше представление о жизни и научном творчестве голландского ученого. Хочется надеяться, что нас ждут новые находки, если удастся обнаружить остальную часть его личной библиотеки.

Поиск домашней библиотеки ученого в настоящее время является единственным реальным направлением, которое может расширить имеющиеся сведения о нем. Выше

⁷ Экспертиза выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте судебных экспертиз Министерства юстиции СССР старшим экспертом Р. Х. Пановой. В подготовке материалов для экспертизы принял участие кандидат филологических наук В. О. Белоусов (МГУ).

уже было показано, что возможности архивов в Голландии в этом смысле практически исчерпаны. По-видимому, также исчерпаны в отношении получения новой информации о научной деятельности ученого и возможности родственников. Очень слабые надежды остались на то, что будет все же найден личный архив («портфель») Ван-ден-Брука.

Учитывая, что часть личной библиотеки ученого найдена в Минске, библиотечные фонды которого формировались столь сложно и запутанно, остальная часть (или части) библиотеки может находиться в любой более или менее крупной естественнонаучной библиотеке СССР (библиотеки-доноры и вновь образованные), и прежде всего в Ленинграде, Минске или Москве. Однако это совсем не исключает того, что части библиотеки, в том числе отдельные книги и журналы, могут оказаться в библиотеке или частном собрании любой страны Европы, и прежде всего в Голландии, ФРГ и ГДР.

В связи с такой широтой поиска возникает необходимость сформулировать основные признаки или приметы, которые помогли бы однозначно установить былую принадлежность издания личной библиотеке Ван-ден-Брука, чтобы любой сотрудник библиотеки или ученый, имеющий домашнюю библиотеку со старыми книгами, мог проверить, нет ли у него изданий с такими приметами. Нахождение даже одного подобного издания может придать поискам новое, возможно более правильное, направление.

Приметы на обложках: экслибрис (штамп) книготорговца «O. Forst. Libraire, Place de Meir 69, Anvers» или штампы «P-05», «P-02»; карандашные надписи курьера «Scheltema» (Scheltenna?), «Mr. Oboussier (fils), rue Peter Benoit», «Januari volgt», «May no. volgt» и т. п.; проставленная карандашом цена журнала; косые, размашистые, с легким нажимом, одинарные или двойные отчерки отдельных статей (разделов) в оглавлении.

Пометы на полях: такие же косые и размашистые отчерки абзацев, иногда неординарные, иногда система параллельных косо перекрещивающихся линий, иногда в форме скобок-углов, а то и просто волнистые бесформенные линии; отдельные слова на английском или голландском языках (как правило, на языке журнала); отдельные цифры; исправления (пересчет) или дополнения таблиц карандашом или чернилами; обычно перо тонкое, карандаш тонко отточен; цвет чернил черный.

Приметы почерка: хорошо разработанный, несколько небрежный, непрерывный в пределах одного слова, с нечетко прописанными последними буквами; наиболее характерны написания заглавных латинских букв *S*, *J*, *G*, цифр 4, 7, 9 и особенно 8 (как греческая δ); весьма характерны зачеркивания — несколькими параллельными (иногда почти вертикальными) чертами (см. рис. 2, 3, 4).

Вложения (вообще говоря, могут быть утеряны): отдельные листки, как правило вырезанные из блокнотов; бумага — в крупную ученическую клетку или в линейку — часто почтовая с водяными знаками или верже; вложения могут быть без записей вообще или с расчетами, схемами, с рукописными текстами; иногда это могут быть изъятые из книг страницы с таблицами, диаграммами, справочными данными, на которых могут быть карандашные пометы; иногда могут оказаться вложенными даже документы. Вложения представляют собой наибольшую ценность как архивный материал⁸.

Обнаруженные материалы, ссылки в работах и воспоминания родственников позволяют хотя бы приблизительно представить себе состав личной библиотеки Ван-ден-Брука. Кроме журналов «Philosophical Magazine», «Nature», «Physikalische Zeitschrift» в нее могли входить научные книги, опубликованные в 1900—1924 гг., по радиоактивности, строению атома, спектрам (оптическим и рентгеновским) и строению периодической системы элементов. Кроме того, в библиотеку должны были входить книги по голландскому законодательству, уголовному и торговому праву, финансам, экономике, культуре и архитектуре.

Место научных исследований А. Ван-ден-Брука и предшественники ученого

Если рассматривать историю ядерной физики ретроспективно, то легко заметить, что феномен радиоактивности, открытый А. Беккерелем в 1896 г., был уже вторым свойством ядра, ставшим известным науке. Ранее в течение почти девяноста лет изучались атомные веса, т. е., по современным представлениям, линейные функции масс

⁸ Если кому-нибудь из читателей удастся обнаружить издание с описанными приметами, сообщить о находке можно по адресу: 103012, Москва, Старопанский пер., 1/5, Институт истории естествознания и техники.

ядер. И хотя ни во времена Беккереля, ни тем более раньше еще не был известен объект исследований (атомное ядро), изучение величин атомных весов, как будет показано далее, было не менее важным для возникновения будущей ядерной физики, чем изучение радиоактивности.

Проблема атомных весов возникла в химии в первом десятилетии прошлого века. Ее решение шло по двум основным направлениям — собственно определение атомных весов отдельных элементов и сравнительное изучение определяемых величин.

Первое направление можно назвать химическим. Его основу на протяжении всего XIX и первой четверти XX в. составляли химический эксперимент (позднее — методы масс-спектрологии), приводивший ко все более точному определению атомных весов, и все работы по классификации химических элементов, включая разработку периодической системы Д. И. Менделеева.

Второе направление исследований по своей сути является нехимическим (его можно было бы назвать также ядерно-физическим), поскольку ни одна из обнаруженных здесь закономерностей, как это стало понятно позже, не могла быть объяснена в рамках чисто химических представлений, а атомный вес непосредственно не связан с химическими свойствами элементов. Суть этого направления — сравнительное изучение собственно величин атомных весов как фундаментальной характеристики атомов. Мотивация его, с одной стороны, это попытка решить проблему внутреннего строения атома, что, по мнению ученых, было каким-то образом связано с величинами атомных весов, с другой — попытка найти закон изменения атомных весов, что позволило бы раз и навсегда решить очень важную для химии проблему их определения. Исходя из таких больших задач, кажется вовсе не удивительным, что это «нехимическое» направление исследований всегда находилось в центре внимания не только теоретической и экспериментальной химии, но и науки вообще. И нас оно будет интересовать в первую очередь, поскольку научное творчество А. Ван-ден-Брука было связано именно с развитием этого направления.

Рассмотрение оригинальной химической литературы, относящейся к этому направлению, позволяет выделить внутри него четыре самостоятельных направления, имеющих прямое отношение к последующему развитию ядерной физики, а именно: изучение проблемы целых чисел

в образовании величин атомных весов, разработка идей о неаддитивности атомных масс, поиск аналитических зависимостей для изменения величин атомных весов в периодической системе и развитие представлений о порядковых номерах элементов в периодической системе [31]. С изучением творчества Ван-ден-Брука непосредственно связаны первое и особенно последнее направления.

Проблема целых чисел в образовании величин атомных весов была поставлена впервые гипотезой У. Праута в 1816 г.—его утверждением о целочисленности атомных весов в водородной шкале. Однако в результате довольно точных для своего времени определений Я. Берцелиуса и главным образом Ж. Стаса было показано, что большинство атомных весов не выражается целыми числами. Тем не менее целые числа вновь появились в истории анализа атомных весов.

В 1860 г. Ж. Мариньяк заметил, что «если числа Стаса и не согласуются вполне с числами Праута, то они тем не менее приближаются к ним до такой степени, что трудно считать этот факт случайным». (Анализ величин атомных весов в XIX в. показывает, что эффект «близости к целым числам» был очень замечен уже в 40-е годы.) В дальнейшем Дж. Маллет (1882), И. Ридберг (1886), Г. Стретт (1901) количественно оценивали малую степень вероятности того, что наблюдаемая группировка атомных весов около целых чисел произошла случайно. Не менее важным было наблюдение, впервые сделанное, по-видимому, Ф. Кларком в 1881 г., о «лучшей целочисленности» атомных весов в кислородной шкале ($O=16$) по сравнению с водородной ($H=1$). Этот эффект был столь заметным, что, пожалуй, стал решающим аргументом в химии для перехода к кислородной шкале атомных весов. В 1882 г. Дж. Маллет и Ф. Кларк дали правильную оценку интервала близости атомных весов к целым числам — 0,1 атомной единицы массы (для современных атомных весов этот интервал равен 0,096 а. е. м.). Все это давало право некоторым ученым считать, что существуют «более строгие основания верить в справедливость некоторой модификации закона Праута» (Г. Стретт, 1901).

Уже Праут в 1815 г. заметил, что «все элементарные числа [атомных весов], если за единицу принимать водород, делятся на 4», и в связи с этим выдвинул мысль, что атомные веса как будто «ориентируются большим числом, чем единица, или водород». В 1886 г. И. Ридберг [119]

проанализировал округленные до целых чисел атомные веса 23 легких элементов до железа и обнаружил, что они довольно четко разделяются преимущественно на две группы — вида $4n$ (n — целое число) для 10 элементов четной валентности и вида $4n+3$ для 10 элементов нечетной валентности. Только водород и бериллий выпадали из такой закономерности. Ридберг построил функции отклонений атомных весов от целых чисел $4n$ и $4n+3$ для всей периодической системы и получил при этом две почти подобные волнообразные кривые. Плавность кривых и их явную корреляцию он воспринял как доказательство «невозможности рассматривать элементы как простые и независимые друг от друга», что «раньше не более как угадывалось». Кроме того, он пришел к выводу, что «атомные веса являются целыми кратными атомному весу водорода, но при этом содержат также второй периодический член δ », характеризующий отклонение атомных весов от целых чисел.

«Главные массы атомов,— писал Ридберг, имея в виду целочисленные величины $4n$ и $4n+3$,— или *атомные ядра* (*Atomkerne*), как можно было бы их назвать, должны быть целыми кратными массе ядра водорода. Проще всего предположить, что *ядра остальных элементов составлены из ядер водорода*. Если мы перейдем теперь к δ -значениям, то... наиболее вероятно, что ядра атомов окружены массами, соответствующими δ -значениям, как *оболочками* (*Hüllen*), величина которых была бы периодической функцией относительно величины ядер» [119, с. 16] (курсив Ридберга.— Ю. Л.). Это была своего рода модификация гипотезы Праута по Ридбергу на новом уровне точности определений атомных весов. Выраженная им идея — не только терминологическое, но и довольно точное качественное предвосхищение будущего знания.

Вслед за Ридбергом группировку атомных весов около целых чисел $4n$ и $4n+3$ исследовали А. И. Базаров (1887), У. Ливермор (1888), Р. Лоренц (1896), С. А. Никольский (1910), Т. Вулф (1911) и др. К вопросу о целочисленности атомных весов относятся предвосхищения изотопии, принадлежащие А. Кекуле (1865) и У. Круксу (1886) [55, 59].

Из упомянутых работ наибольший интерес в связи с изучением творчества А. Ван-ден-Брука представляет работа Т. Вулфа «Радиоактивность как всеобщее свойство веществ» [131]. Это была единственная работа по анализу

величин атомных весов, на которую Ван-ден-Брук сослался в своих статьях.

На основе международной таблицы 1911 г. Вулф показал, что атомные веса «с приближением, которое не может быть случайным, выстраиваются в два ряда..., отдельные члены которых отличаются друг от друга на четыре единицы или числа, кратные четырем» ($4n$ и $4n-1$). Отсюда Вулф сделал главный вывод, что «явление радиоактивности не ограничивается несколькими веществами, но что вся наша система элементов возникла в итоге атомного распада из более тяжелых элементов». Не менее любопытны и другие выводы Вулфа: «разная распространенность элементов... является просто следствием различной продолжительности жизни элементов» и «атом гелия должен играть выдающуюся роль в нашем мире веществ; ...если всегда отделяется один атом гелия, то отдельные части его крепче связаны друг с другом, чем целиком атом гелия с остальной массой распадающегося атома» [131, с. 499–500].

В работе Вулфа содержались ссылки на работы И. Ридберга [119, 120] и Р. Лоренца [95], однако у нас нет никаких доказательств того, что Ван-ден-Брук видел эти работы. Во-первых, на них у него нет ссылок. Во-вторых, и это главное, логика его научного творчества показывает, что его идеи развивались независимо не только от идей и работ Ридберга, но и всех работ рассматриваемого нами нехимического направления исследований. Единственным исключением здесь является работа Вулфа, результаты которой Ван-ден-Брук использовал. В остальном его идеи развивались по-новому и независимо от предшествующей истории анализа атомных весов. Это, разумеется, никак не влияет на место Ван-ден-Брука в этой истории, место, связанное главным образом с развитием представлений о порядковых номерах элементов в периодической системе.

В 1864–1865 гг. английский химик Дж. Ньюлендс [101], по-видимому, впервые заметил, что если расположить элементы в порядке увеличения их атомных весов и каждому элементу, начиная с водорода, приписать «номер» (number), то «восьмой элемент, начиная с данного, является своего рода повторением первого подобно восьмой ноте октавы в музыке».

Глубоко веря в правильность своего так называемого закона октав, Ньюлендс писал в 1866 г.: «Факт, что такое простое соотношение существует, теперь дает веское ос-

Таблица 1. «Закон октав» Дж. Ньюлендса. Август 1865 г.

H	1 F	8 Cl	15 Co и Ni	22 Br	29 Pd	36 I	42 Pt и Ir	50
Li	2 Na	9 K	16 Cu	23 Rb	30 Ag	37 Cs	44 Tl	53
G	3 Mg	10 Ca	17 Zn	25 Sr	31 Cd	38 Ba и V	45 Pb	54
Bo	4 Al	11 Cr	19 Y	24 Ce и La	33 U	40 Ta	46 Th	56
C	5 Si	12 Ti	18 In	26 Zr	32 Sn	39 W	47 Hg	52
N	6 P	13 Mn	20 As	27 Di и Mo	34 Sb	41 Nb	48 Bi	55
O	7 S	14 Fe	21 Se	28 Ro и Ru	35 Te	43 Au	49 Os	51

нование предполагать, что это всегда будет сохраняться, даже если будут открыты сотни новых элементов. Ибо, хотя разность в номерах аналогичных элементов может измениться с 7 или кратного 7 на 8, 9, 10, 20 или любую возможную цифру, существование простого соотношения номеров сходных элементов не может быть менее очевидным» [101, с. 20].

Вначале Ньюлендс присваивал один номер нескольким элементам с равными или близкими атомными весами. С 1875 г. он каждому элементу присваивал отдельный номер, который стал называть «порядковым номером» (ordinal number).

Ньюлендсу принадлежат первые попытки оперировать с порядковыми номерами и атомными весами. Так, распределяя все элементы в октавы по семь элементов с правильно чередующимися валентностями и с закономерно возрастающими атомными весами, он получил таблицу элементов с 112 местами, незанятые 43 места в которой, по его мнению, могли бы быть заполнены еще неоткрытыми элементами или известными элементами с неточными атомными весами. Ньюлендс также делил атомные веса элементов на специально подобранные числа 2,3 (шкала Na=10), 2,4 (шкала C=5,00 или Mg=10,00) и 2,37 (шкала Cl=14,98) так, что у него получались частные, приблизительно равные порядковым номерам, особенно в начале системы.

Как уже было отмечено, Ньюлендс не закреплял порядковые номера за элементами. Единственный смысл, который он им придавал, — служить своеобразной масштабной шкалой для выражения «закона октав». Ньюлендс неоднократно выступал с заявлением о приоритете в открытии периодического закона. Возможно, именно это последнее обстоятельство стало главной причиной того, что идея о

порядковом номере не была сразу связана с периодической системой Менделеева. Добавим, что идея Ньюлендса о порядковых номерах элементов была подвергнута обструкции английскими химиками. Вспомнили о ней лишь после раскрытия физического содержания понятия о порядковом номере.

Вслед за Ньюлендсом наибольшего успеха в разработке понятия порядкового номера достиг И. Ридберг. Уже в первой своей работе о периодической системе (1885) он обратил внимание на попеременные колебания разностей атомных весов соседних элементов в группах и рядах системы. Он предположил, что атомные веса могут рассматриваться как периодические функции их порядковых номеров (*ordningsnummer, швед.*).

Через год, исходя из обнаруженной концентрации атомных весов легких элементов около чисел видов $4n$ и $4n+3$, Ридберг писал: «Важнейшим результатом наших исследований является впервые приобретенное знание чисел... n , через которые можно будет рассматривать все свойства элементов, а также их соединений как функции натурального ряда чисел вместо атомных весов, которые никогда не смогут полностью освободиться от ненадежности экспериментального наблюдения» [119, с. 18]. Исходя из полноты атомных весов по числам вида $N=4n$ и $N=4n+3$, Ридберг предположил существование элементов с атомными весами 4, 20, 36, 72, 80 и т. д. Элементы с приблизительно такими атомными весами были вскоре открыты (He, Ne, Ar, Ge).

Аргументация в пользу введения порядковых номеров в периодическую систему элементов Менделеева была приведена Ридбергом в 1897 г. [120]. В основе ее лежали два положения. Во-первых, средние разности атомных весов соседних элементов приблизительно постоянны и равны примерно 2,40, т. е. в первом приближении можно считать, что атомные веса элементов пропорциональны их порядковым числам. Во-вторых, «если обозначить через M порядковое число элемента, то элементы с нечетным M обладают нечетной валентностью и нечетным $N=2M+1$, а элементы с четным M — четной валентностью и четным $N=2M$ ».

Найденная связь порядковых номеров и атомных весов вида $N=4n$, $4n+3$ кажется ученому многообещающей: «Едва ли можно сомневаться, что мы имеем здесь дело с закономерностью, которая несет на себе настоящий от-

печаток некоего закона природы и отмечена простотой, какую можно ожидать у первых кирпичиков природы» [120, с. 91—92]. Нетрудно, однако, видеть, что такая аргументация Ридберга была математической в своей основе. Вопрос о физическом содержании понятия не был даже поставлен. В 1906 г. Ридберг окончательно отказался от основного положения периодического закона — явной зависимости свойств элементов от атомных весов — и впервые опубликовал [121] систему элементов Менделеева с «порядковыми числами» (Ordnungszahlen) (рис. 5).

Порядковые числа Ридберга отличались от современных порядковых номеров только в двух позициях. Кобальт и никель имели обратное расположение, хотя К и Ar, Te и I — правильное. Для редкоземельных элементов от церия до тантала было оставлено 18 мест вместо 14.

Дополнительными аргументами Ридберга для такой нумерации элементов были: «законность и нерушимость» периодической системы Менделеева, закономерное повышение на единицу положительной валентности в рядах, приблизительно одинаковая разность атомных весов, приходящаяся на каждый период (~ 45). Ридберг особо оговорил невозможность включения новых элементов между H и He, а также между He и Li, мотивируя это тем, что включение сюда новых элементов нарушило бы «простое правило»: $N=2M$ для четных и $N=2M+1$ для нечетных элементов.

Следующая работа Ридберга появилась только в сентябре 1913 г. Эволюция его представлений о порядковом числе коснулась нескольких моментов. Прежде всего окрепла сама гипотеза о порядковом числе: «В менделеевской системе все элементы расположены в один ряд, и каждый элемент отличается от всех остальных своим местом. Но это означает, что *достаточно одной-единственной независимой переменной для полного определения элемента*» [122, с. 3]. В его новой таблице (рис. 6) кобальт уже располагается перед никелем. Впервые Ридберг размещает в периодической системе все редкоземельные элементы. Причем, что очень важно, он правильно находит их общее количество и их последовательность.

Количество редкоземельных элементов ему удалось определить, исходя из представлений о так называемых G_p -группах: число элементов в группе G_p равно $4p^2$, а число элементов в половине группы $2p^2$ ($p=1, 2, 3 \dots$). Следовательно, в G_1 -группе, содержащей редкоземельные элемен-

Die Ordnungszahlen

	O	I	II	III
1	<p>2 He = 4</p> <p>10 Ne = 20</p>	<p>1 H = 1,008</p> <p>3 Li = 7,03</p> <p>11 Na = 23,05</p>	<p>4 B = 9,1</p> <p>12 Mg = 24,36</p>	<p>5 Be = 11</p> <p>13 Al = 27,1</p>
2	<p>18 A = 39,9</p> <p>27 28 Ni = 58,7 Co = 59,0</p>	<p>19 K = 39,15</p> <p>29 Cu = 63,6</p>	<p>20 Ca = 40,1</p> <p>30 Zn = 65,4</p>	<p>21 Sc = 44,1</p> <p>31 Ga = 70</p>
3	<p>36 Kr = 81,8</p> <p>45 46 Rh = 103,0 Pd = 106,5</p>	<p>37 Rb = 85,5</p> <p>47 Ag = 107,83</p>	<p>38 Sr = 87,6</p> <p>48 Cd = 112,4</p>	<p>39 Y = 89,0</p> <p>49 In = 115</p>
4	<p>54 X = 128</p> <p>63 64 — — — —</p>	<p>55 Cs = 132,9</p> <p>65 — —</p>	<p>56 Ba = 137,4</p> <p>66 — —</p>	<p>57 La = 138,9</p> <p>67 — —</p>
5	<p>72 — —</p> <p>81 82 Ir = 193,0 Pt = 194,8</p>	<p>73 — —</p> <p>83 Au = 197,2</p>	<p>74 — —</p> <p>84 Hg = 200,0</p>	<p>75 — —</p> <p>85 Tl = 204,1</p>
6	<p>90 — —</p>	<p>91 — —</p>	<p>92 Ra = 225</p>	<p>93 — —</p>

Рис. 5. Система Д. И. Менделеева с «порядковыми числами»
И. Ридберга. 1906 г.

der Grundstoffe.

IV	V	VI	VII	VIII
6 C = 12,00 14 Si = 28,4	7 N = 14,04 15 P = 31,0	8 O = 16,00 16 S = 32,06	9 F = 19 17 Cl = 35,45	
22 Ti = 48,1 32 Ge = 72,5	23 V = 51,2 33 As = 75,0	24 Cr = 52,1 34 Se = 79,2	25 Mn = 55,0 35 Br = 79,96	26 Fe = 55,9
40 Zr = 90,6 50 Sn = 119,0	41 Nb = 94 51 Sb = 120,2	42 Mo = 96,0 52 Tc = 127,6	43 — — 53 J = 129,97	44 Ru = 101,7
58 Ce = 140,25 68 — —	59 — — 69 — —	60 — — 70 — —	61 — — 71 — —	62 — —
76 — — 86 Pb = 206,9	77 Ta = 183 87 Bi = 208,5	78 W = 184,0 88 — —	79 — — 89 — —	80 Os = 191
94 Th = 232,5	95 — —	96 U = 238,5	— —	— —

V	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	—
G_1	$E(0)$ — (2)	$H(1)$ 1,008 — (3)								
G_2	$He(4)$ 3,99 $Nd(12)$ 20,2	$Li(5)$ 6,94 $Na(13)$ 23,00	$Be(6)$ 9,1 $Mg(14)$ 24,32	$B(7)$ 11,0 $Al(15)$ 27,10	$C(8)$ 12,00 $Si(16)$ 28,3	$N(9)$ 14,01 $P(17)$ 31,04	$O(10)$ 16,00 $S(18)$ 32,07	$F(11)$ 19,0 $Cl(19)$ 35,46		
G_3	$Ar(20)$ 39,98 $Ni(30)$ 58,68 $Kr(38)$ 82,92 $Pd(48)$ 106,7	$K(21)$ 39,10 $Ca(31)$ 63,57 $Rb(39)$ 85,45 $Zr(49)$ 107,88	$Sc(22)$ 40,07 $Zn(32)$ 65,37 $Sr(40)$ 87,63 $Cd(50)$ 112,40	$Ti(23)$ 47,9 $Ga(33)$ 69,9 $Y(41)$ 88,9 $In(51)$ 114,5	$V(24)$ 50,9 $Ge(34)$ 72,6 $Zr(42)$ 90,6 $Sn(52)$ 119,0	$Cr(25)$ 51,9 $As(35)$ 74,9 $Nb(43)$ 93,5 $Sb(53)$ 120,2	$Mn(27)$ 54,9 $Se(36)$ 79,2 $Mo(44)$ 96,0 $Ta(54)$ 127,5	$B(37)$ 79,9 — (46) $J(55)$ 126,9	$Fe(28)$ 55,8 $Ru(46)$ 101,7 $Rh(47)$ 102,9	
G_4	$X(56)$ 130,2 $Sr(64)$ 160,4 $Pu(80)$ 196,2 $Nr(88)$ 222,4	$Cs(57)$ 132,91 $Eu(65)$ 152,0 $Au(81)$ 197,2 — (89)	$Ba(58)$ 137,37 $Gd(66)$ 157,3 $Yb(72)$ 173,0 $Hg(82)$ 200,6 $Er(90)$ 226,4	$La(59)$ 138,9 $Tb(67)$ 158,9 $Lu(73)$ 174,0 — (91)	$Ce(60)$ 140,25 $Dy(68)$ 162,5 — (74) $Pb(84)$ 207,2 $Tl(82)$ 203,4	$Pr(61)$ [140,6] $Ho(69)$ 168,5 $Tm(75)$ 168,9 — (93)	$Nd(62)$ 144,2 $Er(70)$ 167,3 $W(76)$ 183,8 — (86) $U(94)$ 238,0	$Tm(71)$ 168,5 — (77) — (87)	$Os(78)$ 190,2 $Ir(79)$ 192,2	

Рис. 6. Система Д. И. Менделеева с «порядковыми числами» И. Ридберга. 1913 г.

ты, должно быть 64 элемента, а в ее половине, т. е. соответствующем периоде системы элементов, — 32. Отсюда получалось число редкоземельных элементов — 14.

Однако структура G_p -групп привела к необходимости принять для G_1 -группы число элементов, равное 4. Поэтому вопреки своей прежней точке зрения Ридберг все же ввел в систему гипотетические элементы до гелия: электрон, который он считал элементом с порядковым числом 0, а также короний и небулий с порядковыми числами соответственно 2 и 3. В результате оказалось, что при правильной с современной точки зрения последовательности всех элементов начиная с гелия их порядковые номера получились завышенными на две единицы. Например, гелий имел порядковое число 4, уран — 94. В дальнейшем представления Ридберга о таких порядковых числах не изменились.

В заключение отметим, что понятие порядкового номера возникло и трактовалось в работах Ньюлендса без какой-либо связи с периодической системой Д. И. Менделеева. В этом состоит главный недостаток эмпирического подхода Ньюлендса к анализу величин атомных весов. Поэтому он в принципе не мог увидеть аномальное изменение атомных весов, предсказать хотя бы близкое к правильному количество еще не открытых элементов, указать правильные порядковые номера.

Ридберг, наоборот, всегда проводил математический в своей основе анализ величин атомных весов, исходя из периодической системы элементов как единого целого, глубокие и многочисленные связи элементов в котором опирались на фундамент всей химии. Успех, достигнутый им в определении порядковых номеров, в значительной степени был обусловлен таким подходом. С точки зрения истории порядковых номеров именно Ридберг после появления модели атома Резерфорда должен был соединить это понятие с новой физической реальностью — величиной заряда ядра. Однако Ридберг не сделал этого из-за нигилистического отношения к современному ему знанию. В своих работах Ридберг никак не откликнулся на открытия радиоактивности, изотопии, атомного ядра, боясь, по его признанию, «потерять свободный взгляд на вещи».

Соединить порядковые номера элементов с моделью атома Резерфорда и раскрыть их физический смысл удалось только Ван-ден-Бруку, который совершил это почти независимо от предыдущей истории порядковых номеров.

Научное творчество Антониуса Ван-ден-Брука

В научном творчестве Ван-ден-Брука можно выделить три тематически и логически замкнутых периода, разных по значимости.

Первый период длился семь лет — с 1907 г. по ноябрь 1913 г. — и завершился формулировкой теоретического открытия идентичности величин зарядов ядер в модели атома Резерфорда порядковым номерам элементов в периодической системе Д. И. Менделеева — наиболее важным научным достижением Ван-ден-Брука. Именно это открытие навсегда вписало его имя в анналы науки.

Ван-ден-Брук начал с отвлеченной идеи. Пристально наблюдая за развитием современного ему знания (черта, отличавшая его от Ридберга), он постепенно очистил ее от собственных умозрительных наслоений, сформулировав в итоге научную гипотезу, для которой дал первые доказательства. Путь, пройденный им к открытию, в полной мере оригинален и по-своему необычен. Рассмотрение такого пути представляет безусловный интерес, и не только в методологическом отношении. Его освещение необходимо для воссоздания полной картины возникновения ядерной физики, а также для воссоздания начального периода физической интерпретации периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Без правильной оценки вклада Ван-ден-Брука невозможно, на наш взгляд, дать правильную оценку вкладов в возникновение ядерной физики таких ученых, как Мозли, Резерфорд, Содди, Бор.

Ван-ден-Брук стал первым рассматривать вопросы, относящиеся к составу ядра и его строению, причем еще до того, как решением этих вопросов вплотную занялся Резерфорд. В течение 1913 г. Ван-ден-Бруком был выдвинут ряд идей, которые позволяют рассматривать его как одного из авторов протон-электронной схемы строения (модели) атомного ядра. Уже в январе 1913 г. он выдвинул рабочую гипотезу о «ядерных электронах», которую развил в ноябрьской работе того же года, и гипотезу о том, что ядра водорода могут быть компонентами атомного ядра. Исходя из предположения о целочисленности атомных весов, он впервые стал рассматривать состав ядер из α -ча-

стиц и «ядерных электронов». Идеи Ван-ден-Брука оказали влияние на формирование взглядов Резерфорда, в частности на быстроту, с которой такие взгляды были восприняты. Все это заставляет нас особо рассмотреть роль Ван-ден-Брука в возникновении представлений об атомном ядре. Тем более что этот вопрос до сих пор остается неясным в истории науки.

Второй период творчества Ван-ден-Брука занимает всего два года — с марта 1914 г. по февраль 1916 г. В это время им было опубликовано 10 статей. Основное их содержание — детализация прежних и выдвижение новых идей о составе ядра, защита своего теоретического открытия, выдвижение собственных представлений о строении атома. Новые идеи Ван-ден-Брука были не столь результативными по сравнению с идеей порядкового номера или идеями о составе ядра. Пожалуй, ни одна из них не получила распространения в дальнейшем. Сейчас они представляют интерес главным образом с точки зрения эволюции научных взглядов Ван-ден-Брука.

Третий, последний, период — с мая 1916 г. по октябрь 1926 г. — был посвящен новому направлению в творчестве ученого — проблеме изотопии. Исходная идея Ван-ден-Брука — генетическое продолжение закономерностей радиоактивных рядов на всю систему нерадиоактивных элементов как основа для предсказания еще гипотетических стабильных изотопов. Это так называемая $4\alpha/2\beta$ -гипотеза, выдвинутая им в мае 1916 г. Гипотеза положила начало исследованиям, связанным с предсказанием стабильных изотопов и в конечном счете с выяснением строения атомного ядра.

Круг вопросов, неизменно интересовавших Ван-ден-Брука, и доступный ему метод их рассмотрения позволяют, по-видимому, считать его одним из первых теоретиков атомного ядра. Его научные результаты соответствовали и иногда превосходили уровень современного ему знания. Яркий пример тому — открытие величин зарядов ядер и гипотеза о составе ядра, которые вряд ли были менее важны для науки, чем соответствующие достижения в эксперименте. Они были получены в результате систематических самостоятельных занятий, в отрыве от общения с другими учеными. Основной метод Ван-ден-Брука — последовательное выдвижение рабочих гипотез и их сопоставление с экспериментальными данными — оказался весьма плодотворным.

Теоретическое открытие величин зарядов атомных ядер

Из возможных форм изложения творчества ученого нами выбрана, на наш взгляд, наиболее подходящая для данного случая форма хронологически последовательного рассмотрения его работ по мере их появления в печати. При этом одновременно будет рассматриваться и «фон» — другие публикации и события в науке, относящиеся к появлению этих работ.

« α -Частица и периодическая система элементов» [1]

Выше уже отмечалось, что причина, побудившая Ван-ден-Брука заняться проблемами систематики элементов, осталась до конца не выясненной. Было сделано предположение, что он заинтересовался проблемой размещения радиоэлементов в периодической системе Д. И. Менделеева. Такое предположение на первый взгляд кажется правильным: уже во второй его работе [2] эта проблема вынесена в заголовок. Однако внимательное рассмотрение работ Ван-ден-Брука, особенно первой, показывает, что его цели были гораздо шире и глубже, захватывая проблемы структуры системы элементов, генезиса элементов и строения атома. Идейно его первая статья 1907 г. в чем-то сходна с гипотезой Праута.

Основанием для возникновения так называемой альфа-гипотезы Ван-ден-Брука о структуре системы элементов стали определение Резерфордом в 1906 г. отношения заряда к массе α -частицы и выдвинутые им предположения о возможной ее природе: «Величину e/m для α -частицы можно объяснить, предположив, что α -частица — это, во-первых, молекула водорода, имеющая ионный заряд водорода; во-вторых, это атом гелия с двойным зарядом иона водорода; в-третьих, это половина атома гелия с одним ионным зарядом... Последнее предположение включает концепцию, что гелий, представляющий собой при обычных химических и физических условиях двухвалентный атом, может существовать в более элементарном виде как составная часть атома радиоактивного вещества и что после испускания части атома теряют свои заряды и рекомбинируют с образованием атома гелия... Такую

точку зрения нельзя отбрасывать как заведомо неправдоподобную...» [61, с. 66].

Статья Ван-ден-Брука была теоретической разработкой этого предположения Резерфорда по отношению ко всей системе элементов. «Там, где отказывает эксперимент,— писал Ван-ден-Брук,— остается делать чистое умозаключение. Кажется уместной попытка предположить, не может ли выступать атом гелия или „половина атома гелия“ (лучше сказать, альфон, так как „половина атома“ есть бессмыслица) в качестве праэлемента, каким был когда-то Н-атом Праута» [1, с. 192]. Поскольку число мест в менделеевской системе больше, чем «подходило бы системе гелиад, но меньше, чем подходило бы системе альфад», Ван-ден-Брук сосредоточил свое внимание на последней. Иначе говоря, в качестве структурной единицы каждого элемента и всей так называемой альфадной системы элементов он взял гипотетическую частицу (альфон) с массой 2 и зарядом 1.

Ван-ден-Брук составил «однородную (гипотетическую) систему из всех теоретически возможных альфадных весов» в виде непрерывного ряда целых четных чисел от 2 (альфон) до 240, разделенных на 15 рядов по 8 мест, и сопоставил эту систему чисел с системой Менделеева (рис. 7). Пятнадцать рядов в его системе вместо одиннадцати в менделеевской появлялись потому, что, по его мнению, триадам VIII группы, редкоземельным элементам, так же как радиоактивным элементам (которые, «к сожалению, также не находят места в теперешней периодической системе»), должны соответствовать новые, по его мнению, слабо выраженные в периодической системе периоды постоянной длины. Альфон стоял в его системе на первом месте, уран — на последнем, 120-м. Водород выпадал из системы, о нем ничего не говорилось в статье. Предполагалось, что оставшиеся незанятыми 42 места в альфадной системе соответствуют еще неоткрытым и радиоактивным элементам.

В статье приводились два основных аргумента в поддержку альфадной системы. С одной стороны, если вычислить сумму всех атомных (7723,65) и сумму соответствующих альфадных весов известных элементов (7728), то эти суммы совпадут с точностью до 0,06%. С другой — в статье без комментариев приводился вид зависимости атомных и альфадных весов от числа альфонов (рис. 8). Это, видимо, должно было свидетельствовать о том, что

VII		0	I	II	III	IV	V	VI
1	2 (α)	4 He 4	6 Li 7,03	8 Be 9,1	10 B 11	12 C 12	14 N 14,04	16 O 16
2	18 F 19	20 Ne 20	22 Na 23,05	24 Mg 24,36	26 Al 27,1	28 Si 28,4	30 P 31	32 S 32,06
3	34 Cl 35,45	36 Ar 39,9	38 K 39,15	40 Ca 40,1	42 Sc 44,1	44 Ti 48,1	46 V 51,2	48 Cr 52,1
4	50 Mn 55	52	54	56 Fe 55,9	58 Co 59	60 Ni 58,7	62	64
5	66	68	70 Cu 68,6	72 Zn 65,5	74 Ga 70	76 Ge 72,5	78 As 75	80 Se 79,2
6	82 Br 79,96	84 Kr 81,8	86 Rb 85,5	88 Sr 87,6	90 Y 89	92 Zr 90,6	94 Nb 94	96 Mo 96
7	98	100	102	104 Ru 101,7	106 Rh 103	108 Pd 106,5	110	112
8	114	116	118 Ag 107,93	120 Cd 112,4	122 Sn 115	124 Sb 120,2	126 Te 127,6	128
9	130 J 126,97	132 Xe 128	134 Cs 132,9	136 Ba 137,4	138 La 138,9	140 Ce 140,25	142 Nd 143,6	144 Pr 140,5
10	146	148	150 Sm 150,3	152	154 Gd 156	156	158 Tb 160	160
11	162	164	166 Er 166	168 Tu 171	170 Yb 173	172	174 Ta 183	176 W 184
12	178	180	182	184 Os 191	186 Ir 193	188 Pt 194,8	190	192
13	194	196	198 Au 197,2	200 Hg 200	202 Tl 204,1	204 Pb 206,9	206 Bi 208,5	208
14	210	212	214	216	218	220	222	224
15	226	228	230	232 Ra 225	234	236 Th 232,5	238	240 U 238,5

Рис. 7. «Альфадная» система элементов А. Ван-ден-Брука. 1907 г.

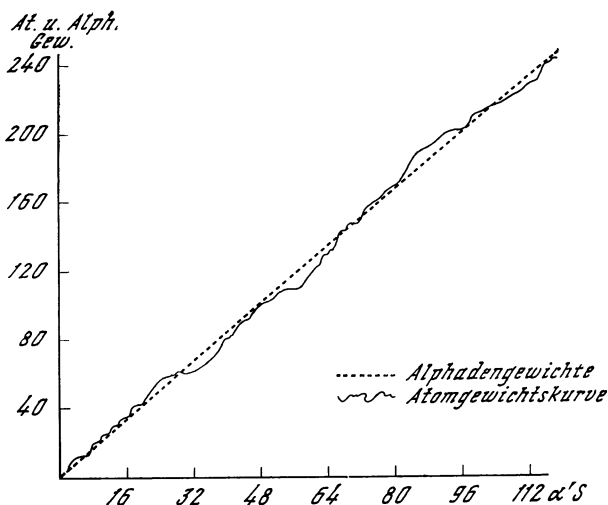


Рис. 8. Зависимость известных и «альфадных» атомных весов от числа «альфонов» в элементах, полученная А. Ван-ден-Бруком. 1907 г.

атомные веса в целом колеблются вблизи линейной зависимости, соответствующей изменению альфадных весов. Основываясь на этом, Ван-ден-Брук заключил: «...мы не только имеем право, но даже вынуждены предположить: в основе теперешней периодической системы элементов лежит система альфад, или: элементы суть только вторичные модификации α -частичных конгломератов, или альфад» [1, с. 203].

Разберем аргументацию Ван-ден-Брука.

Очевидно, что первый аргумент был очень слабым свидетельством в пользу альфадной системы. Он просто скрывал общее несовпадение атомных весов с альфадными, так как совпадение двух указанных сумм могло указывать только на равновероятность отклонений атомных весов от альфадных, да и то лишь совместно с рис. 8. В то же время точность, с которой были известны атомные веса в 1907 г., уже не позволяла надеяться на то, что при дальнейшем их уточнении они будут приближаться к четным числам.

Второй аргумент — близость изменения атомных весов к линейной зависимости — стал следствием самого построения системы: известные элементы Ван-ден-Брук рас-

полагал на местах, где их атомные веса были ближе всего к альфадным (тем не менее отклонения в некоторых случаях доходили до 17%). Включение новых мест, особенно в конце системы, естественно приводило к спрямлению самого по себе нелинейного характера изменения атомных весов.

Недостаточно убедительными выглядят и другие аргументы. Например, выделение элементов VIII группы в отдельный период Ван-ден-Брук оправдывал аналогией с тем, что при табличном и графическом представлении периодических явлений, например частоты появления солнечных пятен и их разного влияния на изменение магнитных отклонений, «никому не приходит в голову исключать слабо выраженные периоды или вовсе пренебрегать ими». Мало убедительно и химическое обоснование изменений в структуре альфадной системы по сравнению с менделеевской. Можно сказать, что здесь Ван-ден-Брук выбирал только те аргументы, которые подтверждали его идею.

По-видимому, в основе не всегда четко выраженных рассуждений Ван-ден-Брука лежало стремление создать систему элементов, которая была бы более «периодической» в математическом отношении по сравнению с менделеевской. Причем главным объектом рассмотрений было изменение величин атомных весов. Другим вопросам, как и деталям вообще, ученый уделял мало внимания.

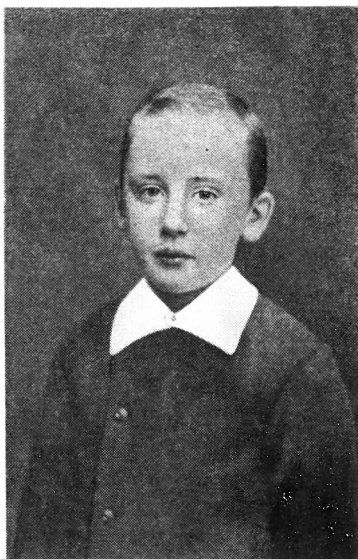
Тем не менее в первой статье Ван-ден-Брука пока еще неявно содержались две важные идеи, которые в дальнейшем получили развитие. Первая состояла в том, что альфон — структурная единица, из которой, начиная с гелия, построены все элементы, — имел заряд 1 и массу 2, т. е. отношение заряда к массе в такой системе равнялось $Z/M=1/2$. Вторая идея: поскольку альфон имел заряд 1, то каждый следующий элемент в альфадной системе, получающийся в результате добавления альфона, имел заряд на единицу больше предыдущего. Другими словами, номер места в альфадной системе совпадал с числом альфонов и, следовательно, с числом зарядов, который имеет тот или иной элемент. Эту идею Ван-ден-Брук в какой-то мере стал осознавать, когда изображал зависимость атомных и альфадных весов как функцию числа альфонов. Однако полное понимание им обеих идей наступило гораздо позже. Именно эти две идеи, пока еще скрытые для самого Ван-ден-Брука, и определяют значение его первой статьи.



А. Ван-ден-Брук. Вена, 1903 г. (?)



Отец ученого



А. Ван-ден-Брук в детстве

Студенческий билет А. Ван-ден-Брука. Сорбонна, 1892 г.



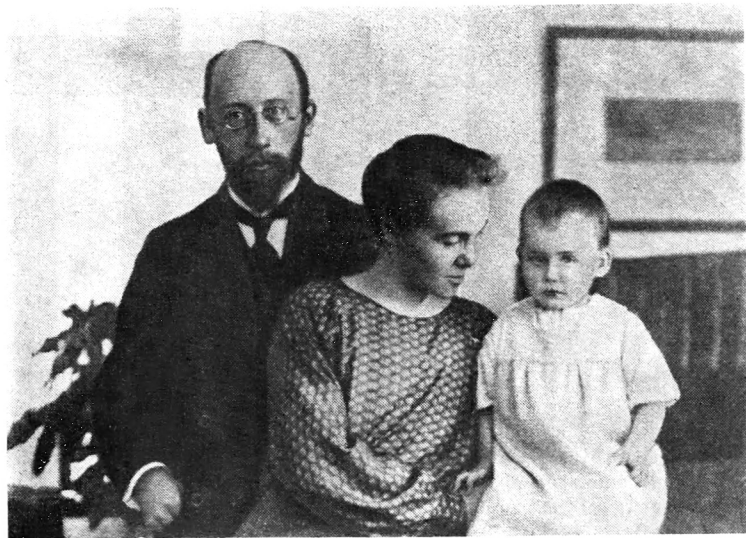


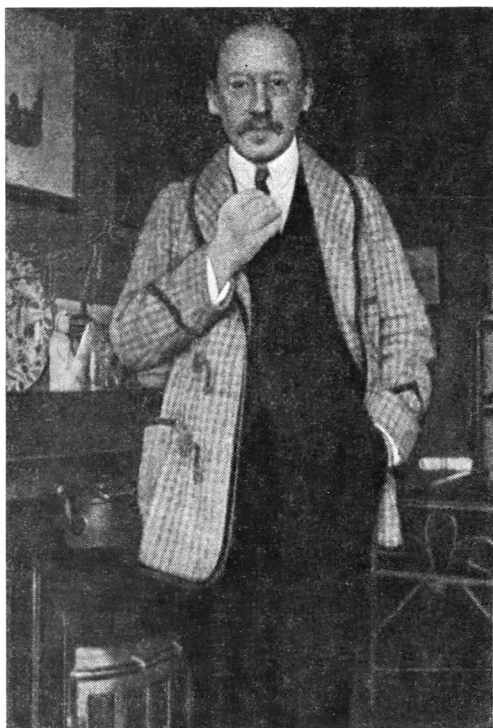
А. Ван-ден-Брук в ранней юности



А. Ван-ден-Брук, 1918 г.(?)

А. Ван-ден-Брук с женой и сыном, 1901 г.





**А. Ван-ден-Брук.
Схевенинген,
1923 г.**



**Катрин Франциска
Витсен-Ван-ден-Брук —
дочь ученого.
Гаага, 1972 г.**

**«Менделеевская „кубическая“
периодическая система элементов
и расположение радиоэлементов в этой системе» [2]**

Если в первой статье Ван-ден-Брука была развита идея Резерфорда о возможной природе α -частицы, то во второй статье [2] была развита идея Д. И. Менделеева о возможной форме периодической системы, вскользь упомянутая Менделеевым в статье 1869 г.: «Мне кажется притом наиболее естественным составить кубическую систему (предлагаемая есть плоскостная), но попытки для ее образования не привели к надлежащим результатам» [60, с. 22]. По мнению Ван-ден-Брука, открытие к 1911 г. многих новых элементов — инертных газов, радиоэлементов и редких земель — дает возможность «реконструировать эту вторую менделеевскую систему».

По своему существу кубическая система Ван-ден-Брука (рис. 9) — это измененная форма его альфадной системы (см. рис. 7), если в ней последовательные тройки пятнадцати восьмиместных горизонтальных рядов расположить «вглубь», т. е. друг за другом. В результате образуется «куб из пяти мест в высоту, трех мест в глубину, восьми мест в ширину — всего 120 мест». Кроме того, в кубической системе было принято несколько другое расположение отдельных элементов, в нее были включены редкоземельные элементы и радиоэлементы. Понятие «альфон» исчезло. Вместо него появилось понятие «теоретические атомные веса» — четные числа от 4 до 242. Первое место в системе занял гелий. Водород опять оказался вне системы.

От гелия до железа кубическая система совпадала с менделеевской. В ней предполагалось, как и в альфадной, что элементы Fe-, Ru-, Os-групп и редких земель образуют самостоятельные ряды со многими свободными местами. Предпоследний так называемый большой период (D) был полностью занят α -излучающими радиоэлементами актиниевого ряда и недавно открытыми редкими землями, в том числе оказавшимися впоследствии ошибочными. Последний большой период (E) был занят α -излучающими радиоэлементами ториевого и уран-радиевого рядов. Многие связи периодической системы были нарушены. Так, элементы первой подгруппы (Cu, Ag, Au) оказались в разных группах. Места для технеция, празеодима и прометия не были оставлены, в то время как было много других свободных мест. Кубическая система представляет

			I			II			III			IV			V			VI			VII		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	1	He	4; 4,0																				
	2	Ne	20; 20,2																				
	3	Ar	36; 39,9																				
B	1	Fe	52; 55,85																				
	2		68; —																				
	3	Kr	84; 82,9																				
C	1	Rb	100; 102,9																				
	2		116; —																				
	3	Xe	132; 130,7																				
D	1	Eu	148; —																				
	2	Dy	164; —																				
	3	Am	160; —																				
E	1	Ir	196; 193,1																				
	2	Th	232; 208																				
	3	Em	228; 223																				

Рис. 9. «Кубическая» система элементов А. Ван-ден-Брука. Апрель 1911 г.

интерес для раскрытия взглядов Ван-ден-Брука на систему элементов.

Исходным понятием для Ван-ден-Брука было понятие периодичности: «Под периодичностью,— писал он,— понимается правильное повторение известных явлений внутри определенных границ. Так, если взять в качестве меры периодов атомный вес, как это сделано в периодической системе элементов, то периоды должны иметь точно определенную (для всех периодов одинаковую) величину по атомным весам. Хотя отдельные периоды могут колебаться около этой величины, средняя величина должна быть во всяком случае определенной» [2, с. 492]. В менделеевской системе, отмечал ученый, изменения атомных весов, приходящиеся раздельно на малые и большие периоды, постепенно растут. Иначе говоря, растут начиная с 2 средней разности атомных весов соседних элементов. «Но при неизменном количестве элементов это означает постоянный рост периодов, что находится в противоречии с приведенным выше определением периодичности»,— заключал Ван-ден-Брук. Таким образом, математическое понимание периода и периодичности было его ключевой идеей при построении и альфадной и кубической систем.

К этой идее тесно примыкало и другое, пока неизменно соблюдавшееся Ван-ден-Бруком положение — помещение на одно место системы только одного элемента. Нарушение этого положения, например при помещении всех редкоземельных элементов на одно место менделеевской системы, также вело, по его мнению, к нарушению принципа периодичности.

Частным проявлением нарушения этого принципа Ван-ден-Брук считал немногие случаи отклонения разности атомных весов соседних мест в системе от средней величины 2. «Эта закономерность,— писал он,— точно не соблюдается только для совсем малых участков, если принять открытие Ауэром фон Велсбахом семи новых редких земель... (три участка вблизи Fe-, Ru-, Os-групп и один участок среди радиоэлементов)» [2, с. 492]. Поэтому он полагал, что в системе должно быть значительно больше свободных мест. Если же принять постоянство средней разности атомных весов соседних мест, равной двум, то каждому элементу в системе должен соответствовать один определенный теоретический атомный вес — непрерывный ряд всех четных чисел начиная с 4.

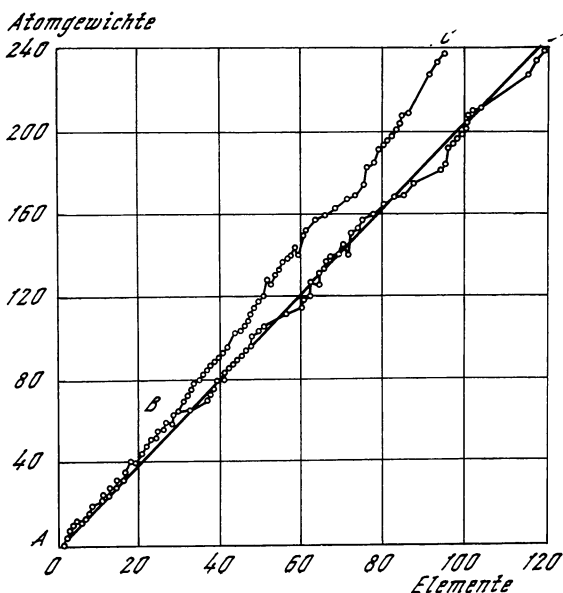


Рис. 10. Зависимость известных и «теоретических» атомных весов от «номеров следования» элементов в менделеевской системе (кривая *ABC*) и в «кубической» системе (кривая *ABD*), полученная А. Ван-ден-Бруком в апреле 1911 г.

«Лучше всего это показать,— считал Ван-ден-Брук,— если нанести последовательность номеров (Nummernfolge) элементов для обеих [плоской (менделеевской) и кубической.— Ю. Л.] систем по горизонтальной линии как абсциссе, а соответствующие атомные веса вместе с теоретическими — по вертикали как ординате. Это показано на рисунке (рис. 10). Теоретические атомные веса в кубической системе образуют при этом прямую линию, около которой, периодически отклоняясь, распределяются известные атомные веса. В то же время атомные веса плоской системы систематически отклоняются в одну сторону и не имеют характеристической кривой. Такие периодические отклонения известных атомных весов от теоретических почти целиком взаимно компенсируются: ...сумма всех известных атомных весов составляет 6185,62, сумма всех теоретических весов, соответствующих этим элементам,— 6206, а разность между этими суммами — 20,38, или 0,3%» [2, с. 494] (курсив наш.— Ю. Л.).

Легко видеть, что аргументация, приведенная Ван-ден-Бруком в обоснование кубической системы, почти идентична его аргументации в обоснование альфа-системы (см. с. 61). Однако здесь появилось новое весьма важное обстоятельство.

На диаграмме Ван-ден-Брук изобразил функции известных и своих теоретических атомных весов для менделеевской и кубической систем, причем в качестве аргумента здесь им впервые была выбрана «последовательность номеров элементов». Внимательное изучение диаграммы показывает, что согласно «ABC-кривой» для менделеевской системы последовательность номеров элементов вплоть до бария (№ 56) соответствует современным значениям. Редкоземельным элементам с будущим гафнием отведено 20 мест (на самом деле их только 16) и поэтому урану соответствует номер 96 (вместо 92). Для неизвестных тогда технеция (№ 43) и рения (№ 75) были оставлены свободные места с номерами 43 и 79 соответственно. Иными словами, Ван-ден-Брук уже в апреле 1911 г. использовал в качестве аргумента реальную последовательность номеров элементов в периодической системе Менделеева, отметив одновременно, что атомные веса в ней «систематически отклоняются в одну сторону и не имеют характеристической кривой». Диаграмма Ван-ден-Брука — первое графическое представление зависимости атомных весов от порядковых номеров элементов в периодической системе.

По мнению Ван-ден-Брука, теоретические атомные веса согласуются с гипотезой Праута. В качестве иллюстрации он привел в работе диаграмму отклонений атомных весов от ближайших целых чисел по данным 1899 и 1911 гг. При этом им была правильно подмечена общая закономерность, что атомные веса по мере их уточнения постепенно приближаются к целочисленным величинам.

Еще одно свидетельство в пользу введения теоретических атомных весов Ван-ден-Брук видел в том, что средняя разность атомных весов соседних элементов, равная 2, есть точно половина атомного веса α -частицы или гелия. Кроме того, поскольку разность атомных весов урана и тория почти точно равна шести, то продукты их распада, отличаясь друг от друга выбросом одной α -частицы, также должны различаться на величину, кратную 2.

В период разработки кубической системы (и позже) Ван-ден-Брук полагал, что в системе элементов могут по-

мещаться только «истинные» элементы — α -излучатели, т. е. отличающиеся друг от друга по атомному весу радиоэлементы. β -Излучатели он считал образованиями, которые «никогда не могут быть стабильными», хотя и обладают физическими и химическими свойствами. На такую точку зрения толкнуло его, видимо, то, что свободных мест в кубической системе оказалось ровно столько, чтобы вместить все тогда известные α -излучающие радиоэлементы и редкие земли, включая нетвердо установленные. «В то время как плоская система не может вместить ни радиоэлементы, ни редкие земли, кубическая система имеет для этого точно необходимое количество дополнительных мест» [2, с. 495]. Большие предпоследний (D) и последний (E) периоды его системы оказались целиком заполненными. Оставшиеся свободные места в середине кубической системы он относил также к радиоактивным элементам, которые «могли бы уже разрушиться, потому что только радиоэлементы высокого атомного веса имеют более долгий период распада» [2, с. 495].

Две рассмотренные статьи Ван-ден-Брука [1, 2] разделяют четыре года.

Первая была посвящена исследованию структуры системы элементов и самих элементов и представляла собой оригинальную попытку нового и достаточно широкого подхода к решению проблем периодической системы. Решение конкретной проблемы размещения радио- и редкоземельных элементов было предложено во второй, более обстоятельной статье. В идейной основе обе статьи составляют единое целое и дают достаточно полное представление об исходных взглядах Ван-ден-Брука. Не все в этих взглядах было правильным, как не всегда были правильными аргументы, на которых ученый строил свои умозаключения. Тем не менее идея порядкового номера, скрытая связь этой идеи с зарядом и правильное представление о характере изменения атомных весов в зависимости от порядковых номеров в периодической системе Менделеева уже содержались в этих статьях. Сформулированные вполне самостоятельно, эти идеи и обобщения пока стоят в ряду других. Но очень скоро они начнут выступать на передний план. Собственно, этот процесс уже начался статьей о кубической системе.

Действительно, Ван-ден-Брук отказался от терминов, относящихся к «половине атома» гелия («альфон», «альфадный вес»), заменив их «теоретическим атомным ве-

сом». «Альфон» как самостоятельный элемент исчез из системы элементов. Неявное употребление термина «число альфонов» ($\alpha's$) было заменено на «последовательность номеров» элементов. Анализ изменения атомных весов в альфадной системе дополнен таким анализом в менделеевской системе. Однако дальнейший прогресс в эволюции взглядов Ван-ден-Брука был связан с новой ситуацией, возникшей в науке вскоре после написания его второй статьи.

Статья была получена редакцией журнала «*Physikalische Zeitschrift*» 16 апреля 1911 г. и опубликована в номере от 15 июня. А уже в майском номере «*Philosophical Magazine*» была помещена знаменитая статья Э. Резерфорда «Рассеяние α - и β -частиц веществом и структура атома» [107]. Одновременно в том же журнале было опубликовано «Замечание об энергии рассеянного X-излучения» Ч. Баркла.

В статье Резерфорда, посвященной новой модели атома, еще не содержалось решения вопроса о знаке центрального заряда. «Основные выводы теории,— писал Резерфорд,— не зависят от того, каков центральный заряд — положительный или отрицательный. Для удобства будем считать знак положительным...» [61, с. 671]. Такая позиция была обусловлена не только инвариантностью теории рассеяния α -частиц относительно возможных зарядов рассеивающего центра, а главным образом тем, что тогда еще не имелось данных для решения вопроса о знаке заряда. Более того, известно письмо Резерфорда У. Брэггу, написанное в самом начале 1911 г., в котором, в частности, высказывалось и такое утверждение: «Я начинаю думать, что центральное ядро заряжено отрицательно» [76, с. 194].

Что касается величины центрального заряда, то ее определению в статье было уделено особое внимание. Резерфорд пришел к выводу, что эта «величина для различных атомов приблизительно пропорциональна их атомным весам» [61, с. 697]. При этом, опираясь на результаты экспериментов по рассеянию α - и β -частиц, он оценил приближенное значение центрального заряда атома золота — 100 e . Из этой оценки и по утверждавшейся пропорциональности заряда атомному весу из статьи Резерфорда можно было косвенно заключить, что заряд приблизительно пропорционален половине атомного веса ($Z \approx \frac{1}{2} A$). Именно такое заключение одновременно с Резерфордом сформулировал

Ч. Баркла, исходя из анализа поглощения веществом характеристического рентгеновского излучения.

Таковыми были первые представления Резерфорда о знаке и величине центрального заряда в атоме. Никакие другие вопросы, относящиеся к строению центрального тела в атоме, еще не рассматривались. В следующем, 1912 г., редактируя книгу [108], он впервые в своих работах ввел термин «ядро» для обозначения центрального положительно заряженного тела в атоме, в котором практически сосредоточена вся масса атома¹. По-видимому, решающим доводом в пользу положительного знака его заряда стала мысль, что роль компенсирующего заряда, равномерно распределенного внутри объема атома, могут исполнять легкие отрицательно заряженные электроны.

Следующая работа Резерфорда, посвященная новой модели атома, была опубликована только в марте 1914 г.

*«Количество возможных элементов
и „кубическая“ периодическая система Менделеева» [3]*

В мемуарной и историко-научной литературе можно встретить утверждения, высказывавшиеся, кстати сказать, и Резерфордом, что вплоть до лета 1913 г. физики не обращали внимания на новую ядерную модель атома. «В 1911 г. эта модель,— писал японский исследователь С. Нисиро в 1965 г.,— вызвала столь малый интерес, что даже «Nature» не прокомментировал ее. И только на заседании Британской ассоциации в Бирмингеме в сентябре 1913 г. теория Бора и, следовательно, модель Резерфорда, видимо, впервые привлекли всеобщее внимание» [103, с. 112].

Позволим себе не согласиться с подобного рода утверждениями. В «Nature», правда, в номере от 6 апреля 1911 г., а не после публикации в «Philosophical Magazine» все-таки был прокомментирован доклад Резерфорда «Рассеяние α - и β -частиц и структура атома». Доклад был сделан 7 марта в Манчестере на заседании Литературного и философского общества наряду с докладом Г. Гейгера по рассеянию α -частиц на большие углы. Комментарий начинался с вывода: «Из рассмотрения общих результатов рас-

¹ Как впервые отметил Дж. Хейлброн [87], еще раньше термин «ядро» по отношению к «центральному заряду» Резерфорда употребил Дж. Николсон [102].

сеяния различными материалами найдено, что центральный заряд атома является почти пропорциональным его атомному весу. Точная величина центрального заряда не была определена, но для атома золота она соответствует примерно 100 единичным зарядам». Далее следовало: «Основные результаты рассеяния на большие углы не зависят от того, является ли центральный заряд положительным или отрицательным. Кажется, еще невозможно решить этот вопрос о знаке с определенностью» [104, с. 201].

В том же «Nature» уже 20 июня появился первый отклик на работу Резерфорда, открывавший возможность в принципе решить вопрос о величине центрального заряда в атоме. Автором отклика был Ван-ден-Брук.

Согласно теории рассеяния Резерфорда и данных Ч. Баркла, писал Ван-ден-Брук, «количество электронов в атоме равно половине атомного веса; следовательно, для урана равно примерно 120. Восстановление „кубической“ периодической системы Менделеева дает теперь постоянную среднюю разность между последовательными атомными весами, равную 2, и поэтому количество возможных элементов от водорода до урана равно 120. Следовательно, если было бы доказано, что эта система верна, тогда количество возможных элементов равно количеству возможных постоянных зарядов каждого знака в атоме, или каждому возможному постоянному заряду (обоих знаков) в атоме соответствует возможный элемент» [3, с. 78] (курсив наш. — Ю. Л.).

Легко понять, что нахождение такого общего принципа прямо выводило Ван-ден-Брука на гипотезу порядкового номера. По существу это была гипотеза о фундаментальном значении заряда как основной характеристики химического элемента. Недаром в дальнейшем ученый ссылаясь на эту заметку как на первую формулировку своей гипотезы. Понятен также и его оптимизм в отношении кубической системы — она была составлена так, что номер места каждого элемента был равен половине атомного веса, а золото имело в кубической системе «теоретический» атомный вес 200 и занимало 100-е место. Уже простое сопоставление этого с оценкой Резерфорда для заряда золота ($100e$) позволяло Ван-ден-Бруку увидеть идентичность номера места и заряда ядра. Поэтому очень вероятно, что вскоре после 23 июня (дата написания заметки) он должен был прийти к идее порядкового номера.

Заметка Ван-ден-Брука [3] имеет важное значение для

общей оценки его творчества. И не только потому, что она открывала новые возможности в науке. Она органически следовала (конечно, под влиянием указанных работ Резерфорда и Баркла) из двух предыдущих работ Ван-ден-Брука. Оригинальность сделанного им обобщения доказывает, что он не знал предшествующих работ Ньюлендса, Ридберга и других ученых, которые вводили и разрабатывали идею порядкового номера. Иначе он неизбежно и сразу же воспользовался бы такой идеей. Вместе с тем должна вызывать восхищение интуиция ученого, который лишь из приблизительно правильного круга идей смог сделать в итоге принципиально новый вывод, далеко выходящий за пределы исходных посылок. Наконец, Ван-ден-Брука как ученого характеризует постоянное целенаправленное стремление решить однажды поставленную перед собой задачу. Уже своей третьей научной работой он достиг уровня современного ему знания.

Значение заметки Ван-ден-Брука выходит далеко за рамки его творчества. Именно через нее направление исследований по анализу величин атомных весов оказалось связанным с новой моделью атома Резерфорда. Заслуга Ван-ден-Брука состоит, в частности, в том, что такая связь была осуществлена своевременно.

Можно только догадываться о причине, по которой заметка Ван-ден-Брука осталась незамеченной; нами не было обнаружено ни одной ссылки на нее; более того — ни одной работы, в которой развивалась бы выраженная в ней идея. Вероятным объяснением может быть тесная увязка предположения «каждому постоянному заряду в атоме соответствует элемент» (и наоборот) с кубической системой элементов. Очень скоро самому Ван-ден-Бруку станет ясно, что такая система противоречит экспериментальным данным. Специалиста-химика кубическая система элементов могла оттолкнуть своим несоответствием с менделеевской. Для специалиста-физика рациональность лишь некоторых идей Ван-ден-Брука могла быть распознана либо при очень внимательном чтении, либо позже, после того, как эти идеи, выраженные в более четком, рафинированном виде, получили свое развитие.

С июля 1911 г. по январь 1913 г., когда вышла из печати следующая статья Ван-ден-Брука, уже содержавшая гипотезу о порядковом номере, следует отметить только две работы, в которых использовалась ядерная модель атома Резерфорда. Обе были посвящены теории торможе-

ния заряженных частиц веществом. Автором первой работы был Ч. Дарвин [74], второй — Н. Бор [67].

Статья Ч. Дарвина была опубликована в июне 1912 г. В результате теоретического рассмотрения процессов поглощения и рассеяния α -частиц Дарвин пришел к выводу, что оба процесса хорошо описываются, если принять кулоновский закон для сил взаимодействия между центральным зарядом и электронами. Кроме того, он специально рассмотрел вопрос о числе электронов в атоме. Оказалось, что это число, «по-видимому, является средним между атомным весом и его половиной». Для водорода и гелия оно принималось равным 1 и 2 соответственно.

Статья Бора, датированная августом 1912 г., была опубликована в январском номере «Philosophical Magazine» 1913 г., т. е. Бор и Ван-ден-Брук работали над своими статьями одновременно. В основу рассмотрения теории торможения заряженных частиц в веществе Бор положил представления Резерфорда о строении атома: «атомы вещества состоят из облака электронов, удерживаемых силами притяжения к ядру», «на это ядро, которое обладает положительным зарядом, равным сумме отрицательных зарядов электронов, приходится основная часть массы атома, а его размеры чрезвычайно малы по сравнению с размерами атома» [67, с. 63]. Исходя, в частности, из таких посылок, Бор теоретически рассчитал число электронов в различных атомах, сравнивая расчеты с экспериментальными данными. Он пришел к выводу, что водород содержит один электрон, гелий — два электрона, а кислород, алюминий, олово, золото и свинец — соответственно 8, 14, 38, 61 и 65 электронов.

«В соответствии с теорией Резерфорда, — писал Бор, — мы должны ожидать для r (количеств электронов в атоме. — Ю. Л.) значений, примерно равных половине атомного веса элемента. Мы видим, что... для элементов с более высоким атомным весом величина r существенно меньше этих значений» [67, с. 80]. В заключении статьи он назвал такого рода совпадение согласием по порядку величины. Единственный вывод, который, по его мнению, можно было с большой уверенностью сделать, состоял в том, что «атом водорода содержит один электрон, а атом гелия — два электрона вне положительно заряженного ядра» [67, с. 83].

Из статьи следует, что наряду с собственно теорией торможения частиц веществом Бора очень интересовал вопрос о числе электронов в атоме. Теория торможения не

вносила ясности в этот вопрос. В статье не содержится ни одного свидетельства, что Бор догадывался об идее порядкового номера в связи с вопросом о величине заряда ядра. Все рассуждения он вел с точки зрения определения количеств именно электронов в нем, а не заряда ядра.

*«Радиоэлементы, периодическая система
и строение атома» [4]*

Эта самая большая и, пожалуй, наиболее важная статья Ван-ден-Брука поступила в редакцию «*Physikalische Zeitschrift*» 15 ноября 1912 г. и была опубликована в выпуске журнала от 1 января 1913 г. Статья содержала рекордное для научных работ Ван-ден-Брука число ссылок — 32, что значительно выделяется на среднем уровне — примерно 6 ссылок на работу. Важность статьи определяется тем, что в ней не только независимо было введено понятие «порядковый номер», но и был найден и всесторонне обоснован физический эквивалент этого понятия.

Хотя статья состоит из четырех разделов, она, по существу, распадается на две части.

Первая часть посвящена обоснованию нового, уже третьего варианта системы элементов, который Ван-ден-Брук называет «расширенной» системой. Необходимость введения новой системы он видел в том, что она допускает «более простое решение» проблемы размещения элементов по сравнению с «кубической» на основе новых данных о числе редкоземельных и радиоактивных элементов. На самом же деле это было компромиссное решение, значительно сближавшее структуру расширенной системы, которая сохраняла основные идеи Ван-ден-Брука, с менделеевской системой.

Расширенная система показана на рис. 11. Ван-ден-Брук впервые оставляет неизменной структуру менделеевской системы как целого («система как целое может остаться почти неизменной»), позволяя себе вносить изменения лишь в неясных ее частях. В нулевой группе перед инертными газами начиная с аргона он оставляет по одному свободному месту в соответствии с тем, что радиоактивные эманации тория и радия занимают два места в последнем горизонтальном ряду. В клетки III группы он помещает попеременно по одному и по два элемента в связи с тем, что, по его предположению, радиоторий и ионий должны занимать одну клетку в последнем ряду.

o	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2 <i>He</i> 4	3 <i>Li</i> 6,9	4 <i>Be</i> 9,1	5 <i>B</i> 11,0	6 <i>C</i> 12,0	7 <i>N</i> 14,0	8 <i>O</i> 16	9 <i>F</i> 19,0	
	10 <i>Ne</i> 20,2	11 <i>Na</i> 23,0	12 <i>Mg</i> 24,3	13 <i>Al</i> 27,1	14 <i>Si</i> 28,3	15 <i>P</i> 31,0	16 <i>S</i> 32,1	17 <i>Cl</i> 35,5
18 —	19 <i>Ar</i> 39,9	20 <i>K</i> 39,1	21 <i>Ca</i> 40,1	22 <i>Sc</i> 44,1	23 —	24 <i>Ti</i> 48,1	25 <i>V</i> 51,0	26 <i>Cr</i> 52,0
		27 <i>Mn</i> 54,9	28 <i>Fe</i> 55,8	29 <i>Co</i> 59,0	30 <i>Ni</i> 58,7	31 <i>Cu</i> 63,6	32 <i>Zn</i> 65,4	33 <i>Ga</i> 69,9
			34 <i>Ge</i> 72,5	35 <i>As</i> 75,0	36 <i>Se</i> 79,2	37 <i>Br</i> 79,9	38 —	39 —
41 —	42 <i>Kr</i> 82,9	43 <i>Rb</i> 85,5	44 <i>Sr</i> 87,6	45 <i>Y</i> 89,0	46 —	47 <i>Zr</i> 90,6	48 <i>Nb</i> 93,5	49 <i>Mo</i> 96,0
		50 —	51 <i>Ru</i> 101,7	52 <i>Rh</i> 102,9	53 <i>Pd</i> 106,7	54 <i>Ag</i> 107,9	55 <i>Cd</i> 112,4	56 <i>In</i> 114,8
			57 <i>Sn</i> 119,0	58 <i>Sb</i> 120,2	59 <i>Te</i> 127,5	60 <i>I</i> 126,9	61 —	62 —
64 —	65 <i>Xe</i> 130,2	66 <i>Cs</i> 132,8	67 <i>Ba</i> 137,4	68 <i>La</i> 138,9	69 —	70 <i>Ce</i> 140,2	71 <i>Pr</i> 144	72 <i>Nd</i> 141
		73 —	74 <i>Sa</i> 150	75 <i>Eu</i> 152	76 <i>Gd</i> 157	77 <i>Tb</i> 159	78 (<i>Tb₂</i>) —	79 <i>Dy</i> 162
			80 —	81 <i>Er</i> 167	82 <i>Ad</i> —	83 <i>AcC</i> —	84 <i>Tu I</i> —	85 <i>Tu II</i> —
87 —	88 <i>AcEm</i> —	89 <i>AcX</i> —	90 <i>Tu III</i> —	91 <i>RaC</i> —	92 <i>Cp</i> —	93 <i>Ct</i> —	94 <i>Ta</i> 181,5	95 <i>Wo</i> 184,0
		96 —	97 <i>Or</i> 190,9	98 <i>Ir</i> 193,1	99 <i>Pt</i> 195,2	100 <i>Au</i> 197,2	101 <i>Hg</i> 200,6	102 <i>Tl</i> 204,0
			103 <i>Pb</i> 207,1	104 <i>Bi</i> 208,0	105 <i>RaF</i> 210,5	106 <i>ThC</i> 212,4	107 <i>RaC</i> 214,5	108 <i>ThA</i> 216,4
110 <i>ThEm</i> 220,4	111 <i>RaEm</i> 222,5	112 <i>ThX</i> 224,4	113 <i>Ra</i> 226,5	114 <i>RTh</i> 228,4	115 <i>Io</i> 230,5	116 <i>Th</i> 232,4	117 <i>U II</i> 234,5	118 <i>U</i> 238,5
							119 —	120 —
							121 —	122 —

Рис. 11. «Расширенная» система элементов А. Ван-ден-Брука.
1 января 1913 г.

Каждую строку VIII группы начиная с Fe-группы он также считает состоящей из трех мест в связи с предполагаемой сложностью последних строк, необходимой для размещения радио- и редкоземельных элементов. Редкоземельные элементы располагались подряд вслед за лантаном, чередуясь с радиоэлементами актинового ряда. Такого симметричного расширения периодической системы, по мнению Ван-ден-Брука, было достаточно, чтобы вместить в нее «истинные» 14 радиоэлементов радиевого и ториевого рядов и 5 радиоэлементов актинового ряда. Поскольку уже в менделеевской системе существуют триады VIII группы, то он не видел ничего противоречивого в том, что аналогичные триады и диады могут появиться и в других частях системы.

«Истинными» элементами Ван-ден-Брук считал по-прежнему только α -излучатели, различающиеся по атомному весу. «Обычные атомы являются нейтральными образованиями, составными частями которых должны рас-

смагиваться именно заряженные частицы,— писал он,— они не могут стать другими атомами в результате потери одного заряда одного знака без одновременного изменения массы (массой электрона пренебрегаем). Ионы и соответствующие нейтральные атомы различаются по свойствам, и это различие будет проявляться в еще более значительной мере при потере других, более сильно связанных электронов. По сравнению с этим новыми элементами, т. е. опять нейтральными атомами других весов, могут считаться только те, которые возникают в результате потери обоих видов заряда с соответствующим изменением массы». По мнению Ван-ден-Брука, β -излучатели должны рассматриваться, «как это считает и Рамзай», в качестве «псевдоэлементов», т. е. побочных форм α -излучающих элементов того же атомного веса [4, с. 33].

Такая позиция фактически исключала Ван-ден-Брука из числа авторов (К. Фаянс, Ф. Содди, Г. Хевеши и др.), которые одновременно искали правильное решение проблемы размещения радиоэлементов для всей их совокупности. Кроме того, тезис об определяющей роли массы для характеристики «нового» элемента уже противоречил установленному к 1912 г. факту существования ряда химически тождественных и спектроскопически идентичных радиоэлементов. Этот факт был отмечен Ван-ден-Бруком, но только для подтверждения своей расширенной системы: «В новых нулевом и III рядах и при новых элементах VIII ряда мы находим поразительную схожесть помещенных вместе элементов. Для обеих эманаций это само собой разумеется. Но и ионий, как известно, очень похож на радиоторий (как на сам торий). То же самое справедливо и для обоих А-продуктов, точно так же для обоих С-продуктов» [4, с. 34]. Однако примененный им принцип — помещение «поразительно схожих элементов» в одну группу системы — не был выдержан до конца. Возможно потому, что у Ван-ден-Брука не было полных сведений о таких элементах, но главным образом потому, что даже при их наличии помещение схожих элементов в соответствующую группу (клетку) системы вступило бы в противоречие с ходом изменения атомных весов и с его пониманием периодичности для системы в целом. Во всяком случае зародыш такого принципа содержался в его статье.

Еще одно исходное положение Ван-ден-Брука — закономерное изменение атомных весов в расширенной системе: он опять использовал понятие «теоретические атом-

2	He	4	4	26	Cr	52	52,0	49	Mo	99	96,0	97	Os	195	190,9
3	Li	7	6,9	27	Mn	55	54,9	50	—	(100)	—	98	Ir	196	193,1
4	Be	8	9,1	28	Fe	56	55,8	51	Ru	103	101,7	99	Pt	199	195,2
5	B	11	11,0	29	Co	59	59,0	52	Rh	104	102,9	100	Au	200	197,2
6	C	12	12,0	30	Ni	60	58,7	53	Pd	107	106,7	101	Hg	203	200,6
7	N	15	14,0	31	Cu	63	63,6	54	Ag	108	107,9	102	Tl	204	204,0
8	O	16	16,0	32	Zn	64	65,4	55	Cd	111	112,4	103	Pb	207	207,1
9	F	19	19,0	33	Ga	67	69,9	56	In	112	114,8	104	Bi	208	208,0
10	Ne	20	20,2	34	Ge	68	72,5	57	Sn	115	119,0	105	RaF	211	210,5
11	Na	23	23,0	35	As	71	75,0	58	Sb	116	120,2	106	ThC	212	212,4
12	Mg	24	24,3	36	Se	72	79,2	59	Te	119	127,5	107	RaC	215	214,5
13	Al	27	27,1	37	Br	75	79,9	60	Y	120	126,9	108	ThA	216	216,4
14	Si	28	28,3	38	—	(76)	—	61	—	(123)	—	109	RaA	219	218,5
15	P	31	31,0	39	—	(79)	—	62	—	(124)	—	110	ThEm	220	220,4
16	S	32	32,1	40	—	(80)	—	63	—	(127)	—	111	RaEm	223	222,5
17	Cl	35	35,5	41	—	(83)	—	64	—	(128)	—	112	ThX	224	224,4
18	—	(36)	—	42	Kr	84	82,9	65	Xe	131	130,2	113	Ra	227	226,4
19	Ar	39	39,9	43	Rb	87	85,45	66	Cs	132	132,8	114	Radth	228	228,4
20	K	40	39,1	44	Sr	88	87,6	67	Ba	135	137,4	115	Io	231	230,5
21	Ca	43	40,1	45	Y	91	89,0	68	26 seltene Erden			116	Th	232	232,4
22	Sc	44	44,1	46	—	(92)	—	93	u. El. d. akt. Reihe			117	UH	235	234,5
23	—	(47)	—	47	Zr	95	90,6	94	Ta	188	181,5	118	U	236	238,5
24	Ti	48	48,1	48	Nb	96	93,5	95	W	191	184,0				
25	V	51	51,0					96	—	(192)	—				

Differenz $8503,4 - 8485 = 18,4 = 0,22 \text{ Proz.}$

Рис. 12. Таблица, на основе которой Ван-ден-Брук ввел порядковые номера элементов в расширенной системе. 1 января 1913 г. (слева от символа элемента приведен порядковый номер, справа — «теоретический» и измеренный атомные веса)

ные веса», а также то, что разности атомных весов соседних элементов были примерно равны двум. Но на этот раз в роли теоретических атомных весов выступали числа видов $4n$ и $4n+3$ (n — целое число) (рис. 12), заимствованные из работы Т. Вулфа 1911 г. [131]. Разность теоретических атомных весов соседних элементов равна двум теперь уже в среднем и близка к такой разности во всех периодах расширенной системы «даже еще в большей степени», чем в менделеевской. Суммы теоретических и измеренных атомных весов, взятые по отдельности, совпадают с точностью 0,22%. Приблизительно одинаковы разности атомных весов, приходящиеся на каждый период. Иначе говоря, новая система Ван-ден-Брука по-прежнему удовлетворяла его представлениям о периодичности.

Интересным примером богатства идей, содержащихся в работах Ван-ден-Брука, могут служить его аргументы в отношении размещения в расширенной системе радиоэлементов актиниевого ряда: «Если актиниевый ряд, как это часто считается, должен быть побочным рядом уран-радиевого ряда, то здесь должен иметь место *не простой выброс α - или β -лучей, но распад производящего элемента на две части* (так как согласно периодической системе атомные веса в актиниевом ряду должны быть значительно меньше). При этом возникает не один, а два ряда. Сумма теоретических атомных весов для начальных членов обеих „серий открытых мест“ во всяком случае равна такой же сумме для элементов уран-радиевого ряда» [4, с. 35—36] (курсив наш.— Ю. Л.).

Конечно, трудно считать это предвосхищением открытия процесса деления, но во всяком случае Ван-ден-Брук уже в 1913 г. имел в виду такую возможность. Неизвестно только, почему он считал, что атомные веса в актиниевом ряду должны быть столь низкими. Впрочем, далее в статье указывается, что члены актиниевого семейства могут принадлежать и другим радиоактивным рядам, представителями которых могут быть, например, радиоактивные калий и рубидий. К тому же продолжительность жизни таких радиоэлементов становится, «вообще говоря, тем короче, чем меньше атомный вес», что затрудняет их идентификацию. Отсюда можно заключить, что размещение актиниевых радиоэлементов среди редкоземельных элементов сам Ван-ден-Брук считал не окончательным.

Такова первая часть статьи. Выведенная в ней расширенная система совмещала в себе и несколько изме-

ненные прежние идеи Ван-ден-Брука, и стремление сохранить менделеевскую систему, и новейшие открытия в области изучения редких земель и радиоэлементов. Ученым двигало стремление соединить все это непротиворечивым образом и максимально удовлетворить всем требованиям эксперимента. Поэтому, хотя в целом система все еще была искусственным построением, она стала своеобразной итоговой моделью знаний своего времени (идей и эксперимента) о системе элементов. Идеальные, точнее сказать, математические представления Ван-ден-Брука о периодичности стали для него, по-видимому, препятствием для решения проблемы размещения радиоэлементов. Но объективно он оказался ближе к решению другой, не менее важной проблемы — определению величин зарядов ядер.

В процессе работы над расширенной системой Ван-ден-Брук составил таблицу соответствия теоретических атомных весов видов $4n$ и $4n+3$ и измеренных атомных весов для всех элементов. Он пронумеровал элементы начиная с гелия (№ 2) и кончая ураном (№ 118) (см. рис. 12). При этом номера элементов оказались примерно равными половине их атомных весов, т. е. в соответствии с выводами Резерфорда, Баркла и теперь уже самого Ван-ден-Брука (вспомним о его предыдущей публикации в «Nature» от 20 июля 1911 г.) совпали с предполагаемыми величинами внутриатомных зарядов. Номер золота и в этой таблице, как и в кубической системе, вновь оказался равным 100.

Не анализируя в статье эту таблицу, Ван-ден-Брук неожиданно переходит от обычного для него анализа атомных весов к обсуждению проблем системы совсем с другой стороны: «Отклонениям экспериментальных атомных весов от этих теоретических и вообще от целых чисел... нельзя приписывать столь большое значение. Вовсе не обязательно прежде всего массу рассматривать как главный критерий строения. Напротив, после того, как частицы, испускаемые радиоэлементами, все оказались заряженными, прежде всего должны рассматриваться эти внутриатомные заряды. К тому же в основе отклонений у атомных весов могут лежать не более как отклонения у носителей положительных зарядов при, вероятно, неизменном заряде» [4, с. 37—38].

Вся вторая часть статьи посвящена подробному анализу всего, что в то время было известно о таких зарядах,

Были рассмотрены работы Дж. Дж. Томсона, Резерфорда, Баркла, Дж. Кроузера, Г. Уилсона, Г. Мозли. Ван-ден-Брук интересуют главным образом определенные этими учеными количества электронов в атоме в отношении к атомному весу и вопросы строения атома. Только у Резерфорда и Баркла было получено совпадающее соотношение — один электрон в атоме приходится на каждые две единицы атомного веса. Ван-ден-Брук особо отметил большое значение, которое имеет резерфурдовская модель атома, «пожалуй лучше всего согласующаяся с фактами», для расширенной системы, и кратко описал эту модель в статье.

Анализ отдельных работ привел Ван-ден-Брука к следующим выводам. Из работ Резерфорда и Мозли по изучению сложного β -излучения RaC он заключил, что атом состоит «из положительного ядра, окруженного больше чем двумя областями электронов», пересечение которых выброшенными изнутри α - или β -частицами приводит к потере «нескольких характерных для каждой области квантов энергии, которые тратятся на создание γ -лучей». Дж. Дж. Томсон обнаружил в опытах с положительными лучами атома ртути заряд, соответствующий потере сразу восьми электронов. «Так как атом ртути наверняка не восьмивалентный, — писал Ван-ден-Брук, — здесь должен проявиться новый вид связи электронов в атоме, который, вероятно, мог бы существовать и у аналогов ртути и который должен иметь значение для строения атома прежде всего из-за того же самого числа восьми максимальных валентностей и восьми вертикальных рядов в периодической системе» [4, с. 39]. Наконец, характеристическое рентгеновское излучение Ван-ден-Брук объясняет существованием еще одной, самой внутренней области электронов, которые «для своей диссоциации нуждаются в гораздо большем количестве энергии (следовательно, электроны связаны гораздо сильнее, тем не менее не в одинаковой степени у различных элементов)» [4, с. 39].

Таким образом, резюмирует Ван-ден-Брук, «мы должны были бы предположить для различных элементов, по мере роста их атомного веса, от одной до пяти областей электронов в атоме». Одну из этих областей он сопоставил с областью валентных электронов, вторую — с «томсоновской группой из восьми» электронов, а остальные — с тремя областями, ответственными за характеристическое рентгеновское излучение (K-, L- и M-серии).

После этого без всякого перехода следовала формулировка гипотезы порядкового номера: «Так как число внутриатомных зарядов пропорционально атомному весу и в каждом случае не меньше для какого-либо элемента, чем подходящий этому элементу порядковый номер (Folgenummer) (если все элементы расположить в порядке возрастания атомного веса), то каждому элементу должен быть приписан один, от всех других отличающийся внутренний заряд (обоих знаков). Однако при постоянной средней разности, равной 2, и при внутриатомном заряде, равном половине атомного веса, как самое вероятное из вышеизложенного каждому элементу должен соответствовать внутренний заряд, равный этому порядковому номеру, т. е. n -му элементу должно соответствовать n внутренних зарядов каждого знака. Ибо заряды известны нам только как целые единицы, а не как части такой единицы...

В соответствии с этим Дж. Дж. Томсон (в опытах с положительными лучами) нашел у первого элемента, водорода, никогда не больше чем один заряд, так же как у второго элемента, гелия, — никогда не больше чем два заряда. Начиная с этих элементов последующие элементы первого малого периода обнаруживают закономерно возрастающую валентность. Эту положительную валентность обычно понимают как содержание у них многих легко отделяемых электронов (следовательно, не дающих флюоресцирующего рентгеновского излучения). Как только количество этих электронов достигнет восьми, они больше уже не действуют как валентные и должны, следовательно, объединяться в „совокупность восьми корпускул, связанную... с некоторой одинаковой крепостью к атому“. Очевидно, так возникают периодическая система, внутренний заряд, равный половине атомного веса, томсоновские группы электронов, ...флюоресцирующее рентгеновское излучение. Все это согласуется друг с другом» [4, с. 39—40].

В выводах статьи гипотеза получила более краткое выражение: «Порядковый номер каждого элемента в ряду, расположенном по повышающимся атомным весам, равен половине атомного веса и равен внутриатомному заряду» [4, с. 41].

Из содержащихся в статье дополнительных комментариев к гипотезе отметим следующие. Томсоновские группы из восьми электронов могут объяснить различие между главными и побочными рядами в периодической системе. Действительно, первые два малых периода образуются

последовательным формированием двух таких групп, из восьми электронов каждая. Вместе они образуют первую внутреннюю область в начале первого большого периода, ответственную за появление первой серии характеристического рентгеновского излучения и последующую сложность отдельных рядов. Так как элементы побочных рядов в больших периодах (Ван-ден-Брук называет их «излишними элементами») лишь незначительно отличаются по свойствам по отношению к предыдущему, то «добавляющийся электрон может рассматриваться не как валентный электрон, а как помещающийся внутри атома». В свою очередь, первая внутренняя область не может оставаться постоянной. Внутри нее постепенно образуется «в определенном соотношении» вторая внутренняя область. Если и эта вторая область достигла определенной величины, должна развиваться третья внутри них обеих и в равновесии с ними. «Согласно этому равновесию, это формирование должно обнаружить в системе начиная с третьей области неожиданное более длинное затяжное увеличение и поэтому ведет к ненормальному поведению периода редких земель» [4, с. 39].

Следует отметить, что в совокупности такие, в принципе правильные, идеи атомного строения высказывались впервые. Ряд идей этой же статьи о составе атомного ядра будет рассмотрен в дальнейшем (см. с. 122).

Таким образом, в этой работе третий раз независимо было введено понятие порядкового номера. Вместе с тем впервые гипотеза порядкового номера получила не формально-математическое, как было раньше, но физическое содержание — порядковый номер был отождествлен с величиной заряда ядра в атоме Резерфорда. Установление этого пока гипотетического тождества, указывавшего путь к точному определению важнейшей числовой характеристики атома, имело огромное значение для утверждения новой модели атома.

Сам вывод гипотезы имел определенные черты доказательности. Ван-ден-Брук добросовестно собрал и осмыслил все работы 1909—1912 гг., относящиеся к оценкам внутриатомных зарядов, причем взял за основу модель атома Резерфорда, а также работы Дж. Дж. Томсона и Баркла. О глубине проведенного им анализа свидетельствуют (кроме самой гипотезы о порядковом номере) удивительные по проникательности выводы о строении атома и даже об электрических компонентах ядра. В дальнейшем в об-

зорах ни Бор, ни Мозли не добавили к аргументам Ван-ден-Брука новых из числа тех, которые были известны науке к началу 1913 г. Можно также отметить, что описываемая ниже судьба гипотезы, возможно, была бы иной, если бы она была изложена в отдельной статье. Однако и без того гипотеза в работе была изложена вполне самостоятельно.

Во-первых, фактически статья [4] состояла из двух идейно слабо связанных друг с другом частей. Первая часть была посвящена анализу открытий новых радиоэлементов и следствий из них, обычному для работ Ван-ден-Брука анализу атомных весов и обоснованию расширенного варианта системы. Вторая часть — анализу работ по оценкам внутриатомных зарядов, обоснованию гипотезы порядкового номера и обсуждению вытекающих из нее выводов о строении атома. Тщательный разбор этих двух частей показывает, что они связаны друг с другом формально, представляя собой по существу две самостоятельные темы одной статьи. Единственную связь гипотезы с расширенным вариантом можно усмотреть в заключении, где, приводя общую формулу для внутриатомных зарядов, Ван-ден-Брук расшифровывает $n=1, 2, \dots, 118$ (118 — порядковый номер урана в расширенном варианте). Эту внешнюю относительную независимость гипотезы от расширенного варианта нужно иметь в виду, когда мы говорим, что понятие порядкового номера и сама гипотеза возникли у Ван-ден-Брука из расширенного варианта и он подразумевал их применение именно к этому варианту, а не к периодической системе Менделеева.

Во-вторых, его расширенный вариант системы элементов был уже гораздо ближе к менделеевской системе, чем два предыдущих. Это относится к его структуре (перестройка менделеевской системы только в «сомнительных» местах) и к выбору «теоретических» атомных весов (целые числа $4n$ и $4n+3$). Забегая вперед, отметим, что в 1915 г. Ван-ден-Брук опубликовал более поздний обзор своих работ [16]. По мнению, выраженному в обзоре, его ранние работы (от 20 июля 1911 г. [3] и от 1 января 1913 г. [4]) уже содержали правильный вывод из соотношения $Z \approx \frac{1}{2} A$ и из целочисленности электрических зарядов: «заряд ядра равен порядковому номеру элемента», но только для *начала* периодической системы Менделеева. Анализ указанных работ свидетельствует о том, что такое выделение в них своевременно не было сделано; запоздалое выделение та-

кой области было натяжкой, связанной с последующим осмыслением фактов. Тем не менее дальнейшее признание гипотезы Ван-ден-Брука произошло именно потому, что она не противоречила всей совокупности экспериментальных данных для периодической системы Менделеева, а не для его «расширенной» системы.

В «расширенной» системе по-прежнему сохранялись отрицательные стороны предыдущих вариантов — одностороннее рассмотрение α -излучателей как «истинных» элементов, каждому из которых должно соответствовать место в системе; попытки существенно изменить структуру менделеевской системы; преимущественное внимание к анализу величин атомных весов в ущерб анализу химических свойств элементов. К этому следует добавить еще нечеткое разграничение свойств, относящихся к ядру и «оболочкам».

Если заметка от 20 июля 1911 г. [3] не была, по-видимому, вовремя замечена, то гипотеза порядкового номера, как будет видно из дальнейшего, стала вскоре «работать» на науку. Заслуга в этом в значительной мере принадлежит Нильсу Бору. Уже 5 февраля 1913 г. он написал своему другу К. Усену письмо, в котором цитировал последнюю статью Ван-ден-Брука и подчеркивал, что его собственная работа по строению атома должна быть как можно скорее закончена, поскольку «другие занимаются той же проблемой» [24].

Известно также (см., например, [52, с. 556], что в марте Бор приезжал в Манчестер к Резерфорду для обсуждения своей первой работы по строению атома. Трудно представить, чтобы при этом он не рассказал о гипотезе Ван-ден-Брука, которая лежала в основе развиваемой им теории. Бор не мог не упомянуть о ней уже потому, что в работе Ван-ден-Брука содержалась не только гипотеза, указывавшая на точную количественную характеристику резерфоровского атома, но также важные соображения о строении атома и даже ядра, т. е. то, что больше всего интересовало обоих ученых. Содержавшиеся в работе представления предвосхищали исследования Бора и должны были дать им дополнительный импульс.

На то, что Резерфорд знал о работе Ван-ден-Брука, указывают и такие факты. Резерфорд непосредственно участвовал в редактировании работ Бора, использовавшего идеи Ван-ден-Брука. Уже в июне Г. Мозли приступил к экспериментам по проверке гипотезы Ван-ден-Брука, которые, без сомнения, первоначально должны были по-

лучить одобрение Резерфорда. Хорошо известно, что они выполнялись Мозли под опекой Резерфорда. Наконец (к этому факту следует относиться с осторожностью), в своих воспоминаниях многие сотрудники манчестерской группы единодушно отмечают, что уже весной 1913 г. гипотеза обратила на себя всеобщее внимание. Этому противоречит, пожалуй, следующее наблюдение.

В апреле 1913 г. Г. Гейгер и Э. Марсден опубликовали результаты всесторонней проверки теории Резерфорда по рассеянию α -частиц [81]. Эта работа интересна, в частности, тем, что, проверяя справедливость вывода Резерфорда о пропорциональности величины «положительного или отрицательного» центрального заряда атома его атомному весу, авторы обнаружили «слабое», но закономерное расхождение с экспериментом. Однако они объяснили это расхождение «почти экспериментальной ошибкой» и заключили, что «число элементарных зарядов, составляющих центральный заряд атома, пропорционально половине атомного веса». Этот результат они считали правильным с точностью до 20% и согласующимся с теорией Резерфорда.

Резерфорд должен был хорошо знать о результатах этой работы, учитывая ее важность для экспериментальной проверки своей теории рассеяния (Гейгер и Марсден в конце статьи выражали ему признательность за «постоянный интерес к этим экспериментам»). Тем не менее авторы статьи даже не упомянули о гипотезе Ван-ден-Брука. Можно только догадываться о причине такой ситуации — либо статья была сдана в редакцию раньше появления в печати гипотезы Ван-ден-Брука, либо она осталась не известной авторам, либо авторы и Резерфорд не сочли нужным указать на нее. Важно то, что на протяжении более полугода (с апреля по ноябрь 1913 г.) ни Резерфордом, ни Гейгером, ни Марсденом не был проведен пересчет полученных в работе результатов с учетом гипотезы о порядковом номере.

И это несмотря на то, что в июне, как уже отмечалось, Резерфорд одобрил необычные для манчестерской лаборатории эксперименты Мозли с рентгеновскими лучами, предпринятые с целью проверки гипотезы Ван-ден-Брука. И несмотря на то, что в сентябре 1913 г. появилась прямая ссылка на гипотезу во второй заведомо хорошо известной Резерфорду статье Бора: «Совокупность всех экспериментальных данных подтверждает гипотезу Ван-ден-Брука, что действительное число электронов в нейтральном атоме

за некоторым исключением равно числу, указывающему место данного элемента в системе элементов, расположенных по возрастающим атомным весам». Тогда же, в сентябре 1913 г., в Стокгольме была опубликована большая работа Ридберга «Исследования системы элементов» [122], в которой в полной мере независимо развивалось понятие порядкового номера (см. с. 53).

Таким образом, гипотеза о порядковом номере как величине заряда ядра постепенно стала овладевать умами ученых. Очевидно, что первый толчок этому процессу был дан статьей Ван-ден-Брука от 1 января 1913 г.

Начало 1913 г. было связано также с окончательным решением проблемы размещения радиоэлементов в менделеевской системе. Достигнуто оно было почти одновременно несколькими авторами, главным образом К. Фаянсом и Ф. Содди. Первым правильную формулировку правил радиоактивных смещений дал К. Фаянс в следующем виде: «При альфа-распаде происходит смещение радиоэлемента на две группы справа налево в периодической системе, а при бета-распаде — на одну группу слева направо в том же горизонтальном ряду» [55, с. 155]. В результате были правильно размещены все известные радиоэлементы в периодической системе Менделеева, без ее расширения, включая, конечно, и β -излучатели. Оказалось, что все химически тождественные и спектроскопически идентичные радиоэлементы (Ван-ден-Брук называл их «поразительно схожими») должны занимать одно место в системе, т. е. иметь один порядковый номер.

Легко понять состояние, пережитое Ван-ден-Бруком после появления этих публикаций. Ему стало ясно, что его расширенная система была неправильной. А ведь именно применительно к ней он развил гипотезу о порядковом номере как заряде атомного ядра и нарисовал вроде бы ясную картину строения атома и строения периодической системы. Нужно было снова искать противоречия в своих построениях².

² В феврале 1913 г. Ван-ден-Брук направляет в «Philosophical Magazine» статью «Количественное соотношение между пробегом α -частиц и количеством зарядов, испускаемых при распаде» [5], в которой дает ссылку на работу Фаянса с формулировкой правил радиоактивных смещений. Что касается содержания статьи, то основной ее вывод — логарифмы скорости α -частиц и постоянные распада α -превращений являются линейной функцией количества испущенных зарядов — оказался ошибочным из-за неправильной интерпретации скудных экспериментальных данных.

«Внутриатомный заряд» [6]

Выше мы показали, что гипотеза о порядковом номере пока только обратила на себя внимание.

Резерфорд воздерживался от каких-либо высказываний. О его позиции можно судить лишь косвенно по его, вообще говоря, положительному отношению к упомянутым исследованиям Мозли и Бора. С другой стороны, некоторые историки науки считают, что поначалу Резерфорд рассматривал свою модель атома только как средство для объяснения рассеяния α -частиц на большие углы, т. е. как противоположность томсоновской модели, а не как этап в изучении строения атома [103]. Если это действительно было так, становятся понятными и его сдержанность по отношению к дальнейшему развитию ядерной модели (с 1911 г. по март 1914 г.), и осторожность в отношении выводов из нее.

Резерфорд выступал с описанием своей модели в октябре 1913 г. на Сольвеевском конгрессе в Брюсселе. Аналогичное выступление было им сделано в ноябре того же года на заседании Британской ассоциации в Бирмингеме. В обоих случаях он противопоставлял свою модель томсоновской для объяснения рассеяния α -частиц. Обсуждения его выступлений были, по-видимому, сдержанными и краткими. В Брюсселе его представления о ядре энергично поддержала М. Кюри, которая говорила об «основных» электронах в атоме (β -частицы) и о «периферийных» электронах, которые могут быть ответственными за физические и химические свойства.

Позиции Бора и Содди накануне решающей публикации Ван-ден-Брука от 27 ноября [6] становятся в какой-то мере понятными из анализа формулировок правил радиоактивных смещений. Так, в сентябре Бор давал их в следующем виде: «1. При каждом испускании α -частицы номер группы периодической системы, к которой принадлежит конечное ядро, на две единицы меньше номера группы, к которой принадлежит исходное ядро. 2. При каждом испускании β -частицы номер группы конечного элемента на единицу больше, чем первоначального» [51, с. 130]. Таким образом, смещения по-прежнему давались относительно группы элементов в периодической системе. Несмотря на выдвинутое в контексте положение о «внутриядерном происхождении как α -, так и β -лучей», правило для β -частиц давалось для элемента, а не его ядра.

В изложении комментатора «Nature» (выпуск журнала от 13 ноября 1913 г.) Содди дал на заседании Британской ассоциации тем же правилам следующую формулировку: «В α -лучевом превращении, когда испускается атом гелия, несущий два атомных заряда положительного электричества, элемент изменяет свое место в периодической таблице в направлении уменьшения массы и уменьшения номера группы на два места. В β -лучевом превращении, когда из атома испускается единичный атомный заряд отрицательного электричества как β -частица, ...элемент изменяет свое положение в таблице в противоположном направлении на одно место» [105, с. 332]. Следовательно, опять аргументом изменения положения «элемента» оставался «номер группы». Примечательно то, что Содди явно связал направление и величину смещений со знаком и величиной зарядов испускаемых частиц. Однако это обстоятельство никак не развивалось. Его определение правил не имело вообще никакой связи с ядерной моделью атома Резерфорда.

Пожалуй, единственный вопрос, который находился в центре внимания ученых осенью 1913 г., — из какой области атомной структуры происходят β -частицы. Бор считал, что « β -частицы испускаются ядром» [51, с. 129–130]. Эту же точку зрения поддержит 4 декабря Содди, а 11 декабря — Резерфорд. Наоборот, Фаянс полагал, что радиоактивные превращения происходят в тех же областях атома, что и обычные химические превращения, поскольку «изменения химической природы в результате испускания α - и β -частиц точно такого же рода, как и обычное электрохимическое изменение валентности» [128, с. 399].

В целом можно сказать, что Резерфорд выжидал (или постепенно сам осознавал важность ядерной модели атома); Бора, если судить по его публикациям, интересовали вопросы, так или иначе относящиеся к электронам — их количеству и распределению в атоме; Содди сконцентрировал свое внимание на правилах радиоактивных смещений и следствиях из них. Точка зрения каждого из этих ученых была более или менее частной, обусловленной интересами собственных исследований. Каждый из них еще не рассматривал модель атома Резерфорда в целом и атомное ядро в частности как объект экспериментальных и теоретических исследований. Возможно поэтому дальнейший принципиально важный шаг в эволюции гипотезы порядкового номера был снова сделан самим Ван-ден-Бру-

ком. Следующая его статья была опубликована в «Nature» от 27 ноября 1913 г., а датирована 10 ноября (рис. 13).

Уже в начале статьи Ван-ден-Брук показывает, что он правильно понял главный недостаток своей расширенной системы и тем самым фактически признает неудачу своих прежних попыток разместить радиоэлементы за счет значительного расширения менделеевской системы. Достигает он это тем, что отделяет свою гипотезу от экспериментального вывода, впервые полученного Резерфордом и Баркла («атомный вес приблизительно равен удвоенному внутриатомному заряду»).

В качестве новой формулировки гипотезы он выдвигает такую: «Каждый возможный внутриатомный заряд соответствует возможному элементу». Таким образом, первая публикация в «Nature» от 20 июля 1911 г. [3] рассматривается им как первая формулировка гипотезы о порядковом номере. Другую редакцию получает гипотеза, выдвинутая 1 января 1913 г. [4]: «Если все элементы расположить в порядке возрастания атомных весов, номер каждого элемента в таком ряду должен быть равен его внутриатомному заряду» [6, с. 372]. Обе формулировки он считает эквивалентными. И обе относит теперь к периодической системе Д. И. Менделеева.

«Поскольку заряды известны лишь очень грубо (вероятно, с точностью до 20 процентов), — пишет Ван-ден-Брук далее, — и номер последнего элемента, урана, в ряду не равен даже приблизительно половине его атомного веса, то либо количество элементов в системе Менделеева неправильно (что как раз предполагалось в моей первой публикации в «Nature»), либо внутриатомный заряд для элементов в конце ряда много меньше, чем заряд, выведенный из эксперимента (около 100 для золота)» [6, с. 372]. Ван-ден-Брук останавливается на второй возможности, подвергая сомнению данные эксперимента ($Z \approx \frac{1}{2} A$). Этот принципиально важный вывод он сделал самостоятельно, анализируя результаты эксперимента Гейгера и Марсдена по рассеянию α -частиц.

Согласно выводам Резерфорда, количество рассеянных α -частиц на атом, деленное на квадрат величины заряда ядра, должно быть постоянным. Ван-ден-Брук пересчитал данные Гейгера и Марсдена, считая величину заряда ядра равной не половине атомного веса, как делали эти экспериментаторы, а порядковому номеру «места, которое занимает каждый элемент в ряду Менделеева» (рис. 13, 14).

Intra-atomic Charge.

In a previous letter to NATURE (July 20, 1911, p. 78) the hypothesis was proposed that the atomic weight being equal to about twice the intra-atomic charge, "to each possible intra-atomic charge corresponds a possible element," or that (*Phys. Zeitschr.*, xiv., 1912, p. 39), "if all elements be arranged in order of increasing atomic weights, the number of each element in that series must be equal to its intra-atomic charge."

Charges being known only very roughly (probably correct to 20 per cent.), and the number of the last element Ur in the series not being equal even approximately to half its atomic weight, either the number of elements in Mendeleeff's system is not correct (that was supposed to be the case in the first letter), or the intra-atomic charge for the elements at the end of the series is much smaller than that deduced from experiment (about 100 for Au).

Now, according to Rutherford, the ratio of the scattering of α particles per atom divided by the square of the charge must be constant. Geiger and Marsden (*Phil. Mag.*, xxv., pp. 617 and 618, notes

1 and 2), putting the nuclear charge proportional to the atomic weight, found values, however, showing, not constancy, but systematic deviation from (mean values) 3.825 for Cu to 3.25 for Au. If now in these values the number M of the place each element occupies in Mendeleeff's series is taken instead of A, the atomic weight, we get a real constant (18.7 ± 0.3); hence the hypothesis proposed holds good for Mendeleeff's series, but the nuclear charge is not equal to half the atomic weight. Should thus the mass of the atom consist for by far the greatest part of α particles, then the nucleus too must contain electrons to compensate this extra charge.

Table of the Ratio of the Scattering, per Atom Divided by A^2 Compared with that Divided by M^2 .

	I.	II.	Mean $\times 5.4$	Mean $\times A^2$	M
Cu ...	3.7	3.95	3.825	18.5	29
Ag ...	3.6	3.4	3.5	18.9	47
Sn ...	3.3	3.4	3.35	18.1	50
Pt ...	3.2	3.4	3.3	17.8	82
Au ...	3.4	3.1	3.25	17.5	83
Mean ...	3.44	3.45	3.445	18.6	18.6

A. VAN DER BROEK.

Gorssel, Holland, November 10.

Рис. 13. Факсимиле итоговой статьи А. Ван-ден-Брука. 27 ноября 1913 г.

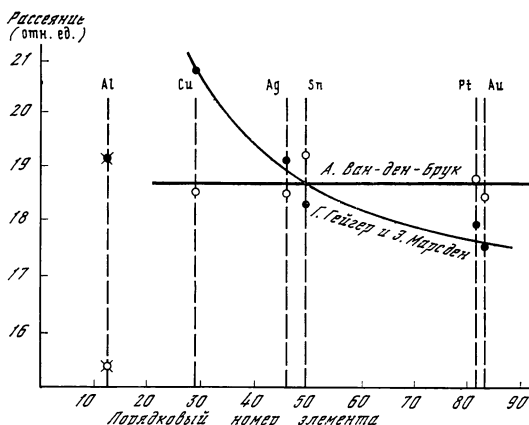


Рис. 14. Графическое представление пересчета Ван-ден-Бруком результатов экспериментов Г. Гейгера и Э. Марсдена (составлено нами.—Ю. Л.). Указаны данные по алюминию, которые выпадали из общей закономерности.

В результате он получил действительно постоянную величину ($18,7 \pm 0,3$) в полном соответствии с выводами Резерфорда. «Следовательно,— писал Ван-ден-Брук,—предложенная гипотеза хорошо соблюдается для ряда Менделеева, но ядерный заряд не равен половине атомного веса» [6, с. 373]. Такое неравенство имелось в виду для элементов с относительно большим атомным весом (Cu, Ag, Sn, Pt, Au). Данные по алюминию Ван-ден-Брук исключил из рассмотрения, поскольку они резко выпадали из общей закономерности из-за эффекта отдачи легких ядер при столкновении с α -частицами.

Таким образом, Ван-ден-Брук первым отказался от общепринятой пропорциональности величины заряда ядра атомному весу для всех элементов. Тем самым он впервые указал на уже имеющееся экспериментальное доказательство гипотезы; никто впоследствии не возразил против такого доказательства. Одновременно он внес вклад в обоснование модели ядерного атома Резерфорда. Естественно, что Ван-ден-Брук выступал при этом как физик-теоретик.

Те же экспериментальные результаты Гейгера и Марсдена дали ему возможность вывести два следствия. Так, он показал, что если принять справедливость его гипотезы для «ряда Менделеева», т. е. допустить, что порядковые номера и заряды ядер меди, серебра и олова с учетом

неизвестного тогда 43-го элемента равны соответственно 29, 47 и 50 (как и в современной системе), то порядковые номера платины и золота будут равны соответственно 82 и 83. Это была более точная, чем резерфордская (100 единиц заряда у золота), оценка зарядов ядер элементов, стоящих в периодической системе после пока неизвестного числа редкоземельных элементов. Полученные Ван-ден-Бруком порядковые номера соответствовали «последовательности номеров» элементов, введенных им в апреле 1911 г. (см. рис. 10).

Второе следствие, выведенное Ван-ден-Бруком, — новая гипотеза ядерных электронов — рассмотрено на с. 126.

В дальнейшем оба следствия оказались неточными, однако это не умаляет их ценности. Порядковые номера (заряды ядер) платины и золота на самом деле равны соответственно 78 и 79. В 1925 г. Резерфорд признал, что «экспериментальная установка Гейгера и Марсдена не была приспособлена для точного измерения самих зарядов ядер» [117, с. 391].

«Неточная» гипотеза ядерных электронов была принята учеными и верно служила науке около 20 лет — до 1932 г., когда в результате открытия нейтрона протон-электронная модель уступила место протон-нейтронной модели ядра. Гипотеза стала необходимым шагом на пути к будущему знанию состава атомного ядра.

«О ядерных электронах» [8]

Анализ содержания этой статьи, опубликованной в мартовском выпуске «Philosophical Magazine» за 1914 г., приводит к выводу, что она была написана между 10 ноября и 4 декабря 1913 г. Действительно, статья содержала изложение результатов публикации в «Nature» [6], написанной 10 ноября и опубликованной 27 ноября, и некоторые новые данные, составившие часть последовавшего вскоре его ответа Ф. Содди и Э. Резерфорду [7], датированного 12 декабря. Кроме того, Ван-ден-Брук в момент написания статьи еще не знал о публикации Ф. Содди в «Nature» от 4 декабря [128]. В ней не содержалась также ссылка на работу Г. Мозли в журнале «Philosophical Magazine», выпуск которого появился в продаже 6—12 декабря (установлено по публикациям [109] и [129]). Задержка с публикацией рассматриваемой статьи на 4 месяца, по-видимому, была обычной для этого журнала. Но за это

время Ван-ден-Брук опубликовал еще две статьи; появилось также несколько публикаций других авторов. Счет времени пошел уже на дни и недели. Поэтому, чтобы понять эволюцию взглядов Ван-ден-Брука, приходится нарушить принятый порядок анализа работ по времени их публикаций.

Кроме переизложения публикации в «Nature» от 27 ноября, Ван-ден-Брук привел в статье еще одно правильное доказательство гипотезы, которое можно сформулировать в следующем виде: разности порядковых номеров (зарядов ядер) урана и свинца в радиоактивном урановом семействе, так же как тория и висмута в ториевом семействе, точно равны алгебраической сумме зарядов, уносимых α - и β -частицами при радиоактивных распадах в этих рядах. «Кажется, этому нет другого объяснения,— писал ученый,— чем то, что β -частицы — 6 для уранового ряда и 5 для ториевого ряда — испускаются также из ядра».

Те же самые числа (6 и 5), по мнению Ван-ден-Брука, можно получить иным путем. Если составить «строго периодический ряд», который начинался бы с лития и в котором триады VIII группы, так же как редкие земли, занимали бы одно место, то «порядковый номер» в таком ряду был бы равен $P = \sqrt{\left(\frac{A}{2} - M\right)} / c$, где M — «номер в ряду Менделеева», A — атомный вес, $c = 0,00468$ — постоянная. «Поэтому, если общее количество электронов в атоме равно (как может быть предположено из массы и заряда α -частицы) половине атомного веса, то получаем: $\frac{A}{2} = N = M + cP^2$. Поскольку M равно количеству электронов, окружающих ядро, cP^2 должно быть количеством электронов *внутри* ядра». Результаты расчетов Ван-ден-Брук привел в таблице. Из нее следует, что разности чисел cP^2 для пар U—Pb и Th—Bi равны соответственно 6 и 5 (табл. 2).

Из таблицы также видно, что порядковые номера в «ряду Менделеева» до неодама совпадают с современными, далее на 4 единицы больше. Порядковый номер урана — 96. Удивительно также полученное совпадение вычисленных и измеренных атомных весов в «строго периодическом ряду». Такой ряд — первое описание нового (позже названного Ван-ден-Бруком «сжатым») варианта системы элементов (см. табл. 3, с. 135), который еще будет встречаться в других работах Ван-ден-Брука.

Таблица 2

	C	Mg	Ar	Cr	Zn	Kr	Mo	Cd	Xe	Nd	W	Pb	Bi	Th	U
<i>M</i>	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	78	86	87	94	96
<i>P</i>	4	10	16	22	26	32	38	42	48	52	54	60	61	68	70
<i>cP</i> ²	0	0	1	2	3	5	6	8	11	12	14	17	17	22	23
<i>A</i> _{выч}	12	24	38	52	66	82	98	112	130	144	184	206	208	232	238
<i>A</i> _{эксп}	12	24	40	52	65	82	96	112	130	144	184	207	208	232	238

Ряд других заключений статьи, относившихся к составу ядра, будет рассмотрен в дальнейшем отдельно (см. с. 127).

Чрезвычайно важны последовавшие вскоре отклики на работу Ван-ден-Брука от 27 ноября.

Уже в следующем номере «Nature» от 4 декабря Ф. Содди [128] решительно поддержал основные выводы Ван-ден-Брука: «То, что внутриатомный заряд элемента определяется его местом в периодической таблице в большей мере, чем его атомным весом, как заключил А. Ван-ден-Брук³, сильно подкрепляется недавним обобщением в отношении радиоэлементов и периодического закона... В настоящее время мы получили нечто похожее на прямое доказательство точки зрения Ван-ден-Брука, что внутриатомный заряд ядра атома не есть чисто положительный заряд, как это следует из опытной теории Резерфорда, но есть разность между положительным и более малым отрицательным зарядом». Содди имеет в виду правила радиоактивных смещений. Исходя из них и опираясь на «точку зрения Ван-ден-Брука», он далее опровергает упоминавшиеся представления Фаянса, что «изменения химической природы в результате испускания α - и β -частиц точно такого же рода, как и обычное электрохимическое изменение валентности» и что происходить они должны в одних и тех же областях атомной структуры» [128, с. 399].

«Я считаю точку зрения А. Ван-ден-Брука,— пишет затем Содди еще более категорично,— что число, представ-

³ На протяжении всей статьи фамилия ученого приводится неточно: Ван-дер-Брук. В этом Содди повторяет опечатку, сделанную в «Nature» (см. рис. 13).

ляющее чистый положительный заряд ядра, есть номер места, которое элемент занимает в периодической таблице, когда все возможные места от водорода до урана последовательно заняты, практически доказанной, поскольку определена относительная величина заряда для членов конца последовательности от таллия до урана... Не может быть сомнения в том, что центральный заряд атома по теории Резерфорда не есть чистый положительный заряд, а должен содержать электроны, как это полагает Ван-ден-Брук». При этом Содди отметил неопределенность, связанную с неизвестной абсолютной величиной заряда ядра «из-за сомнения, относящегося к точному числу» редкоземельных элементов. При крайних предположениях об этом числе он указывал возможные границы для заряда урана — 90 и 96. «В обоих случаях [заряд ядра урана] будет меньше половины атомного веса, как было бы, если бы ядро состояло только из α -частиц», — вслед за Ван-ден-Бруком заключал Содди.

По мнению Содди, «точка зрения» Ван-ден-Брука привела к «сильному прояснению» его представлений, в частности в отношении природы уже известного науке явления, когда несколько радиоактивных элементов занимают одно и то же место в системе Менделеева. Содди дважды раскрывает сущность этого явления и одновременно впервые предлагает для него новый термин. Или: «Последовательный выброс одной α - и двух β -частиц в трех радиоактивных превращениях в любом порядке приводит внутриатомный заряд элемента обратно к первоначальной величине и элемент возвращается к своему первоначальному месту в таблице, хотя его масса уменьшается на четыре единицы»⁴. Или: «Одинаковая алгебраическая сумма положительных и отрицательных зарядов в ядре образует то, что я называю „изотопы“ или „изотопические элементы“, потому что они занимают одно место в периодической

⁴ Отметим, что А. Н. Кривомазов [55, с. 168] считает это рассуждение Содди новой формулировкой правил радиоактивных смещений или даже впервые сформулированным «законом радиоактивных смещений». Такая точка зрения вряд ли верна хотя бы потому, что Содди не дает здесь самих правил, т. е. порядка смещений мест элементов в системе после выброса α - и β -частиц. Нельзя употребить применительно к этому рассуждению и категорию «закона», поскольку, как показывает развитие событий, в то время еще не стало законом основное положение, на котором оно базировалось, — идентичность заряда порядковому номеру, а порядковые номера элементов еще не были точно известны.

системе. Они химически идентичны и, за исключением только относительно немногих физических свойств, прямо зависящих от атомной массы, идентичны и физически. Единичные изменения этого ядерного заряда, рассматриваемые алгебраически, дают последовательные места в периодической системе» [128, с. 400]. Это была новая интерпретация явления изотопии на основе воззрений Ван-ден-Брука о составе атомного ядра.

Интересно сравнить новую интерпретацию Содди явления изотопии с тем, как он определял это явление двумя неделями раньше на заседании секции «Радиоэлементы» Британской ассоциации в Бирмингеме: «В той части периодической таблицы, где эволюция элементов происходит до сих пор, видно, что каждое место занимает не один элемент, а... не менее четырех, атомные веса которых изменяются до восьми единиц. Нельзя поверить, что то же самое не будет справедливо для остальной части таблицы. Каждый известный элемент может быть группой [химически] неотделимых элементов, занимающих одно и то же место, причем атомный вес есть не действительная постоянная, а средняя величина, представляющая гораздо менее фундаментальный интерес, чем до сих пор предполагалось» [105].

По существу, это была констатация явления изотопии, ранее неоднократно выражавшаяся Содди и другими исследователями, в том числе Фаянсом, который ввел в мае 1913 г. [77] понятие «плеяда» для совокупности химически неотделимых радиоэлементов. Это было описанием явления «одинаковоместности», распространяемого на всю периодическую систему. В новом же описании того же явления 4 декабря Содди впервые ввел термин «изотопы» и дал его объяснение с «точки зрения Ван-ден-Брука». Именно эти два положения, по нашему мнению, определяют важность рассматриваемой статьи Содди.

11 декабря на страницах «Nature» выступил Э. Резерфорд [109]. Возражая Содди, он напомнил, что «вообще не обсуждал сколько-нибудь детально вопрос о строении ядра, а лишь утверждал, что оно должно содержать результирующий положительный заряд». Он привел свои аргументы в пользу того, что β -частицы, подобно α -частицам, происходят из ядра (большая энергия и независимость β -превращений от физических и химических условий), и заключил: «Оригинальное предположение Ван-ден-Брука, что заряд ядра равен атомному номеру, а не половине атомного веса, кажется мне многообещающим. Эта идея уже

была использована Бором в его теории строения атома. Сильнейшее и самое убедительное доказательство в подтверждение этой гипотезы будет найдено в работе Мозли в „Philosophical Magazine“ в этом месяце. Он там показывает, что частота X-излучений для ряда элементов может быть легко объяснима, если число единичных зарядов в ядре равно атомному номеру. Это могло бы свидетельствовать о том, что заряд ядра является фундаментальной постоянной, которая определяет физические и химические свойства атома, в то время как атомный вес, хотя и приблизительно следует порядку ядерного заряда, является, по-видимому, сложной функцией, зависящей в конце концов от детальной структуры ядра» [109, с. 423]. Обратим внимание читателя на то, что Резерфорд здесь впервые вводит в науку термин «атомный номер» вместо термина «порядковый номер», ранее предложенного Ван-ден-Бруксом, а также его предшественниками — Ньюлендсом и Ридбергом.

Довольно необычным в ответе Резерфорда является факт ссылки на еще не опубликованную научную работу и предваряющая ее высокая оценка. Обходя молчанием доказательство и следствия Ван-ден-Брука, называя его достижение не более, как «предположением», «идеей», «гипотезой», Резерфорд, по нашему мнению, косвенно признает факт уже имеющегося доказательства, считая, что Мозли скоро предложит «сильнейшее и самое убедительное доказательство». Важным является также признание того, что со времени публикации своей статьи 1911 г. [107] Резерфорд еще не рассматривал «сколько-нибудь детально» строение ядра.

Еще через неделю, 18 декабря, уже ознакомившись со статьей Мозли, Содди [129] согласился, что работа Мозли является «важным независимым подтверждением новыми физическими методами предположения Ван-ден-Брука». «Воззрение стало уже далеко более простым,— все же возражал Содди,— и убедительно установленным из химических исследований свойств радиоэлементов... Заключение Мозли является желанным подтверждением независимым методом для другой части периодической таблицы». По мнению Содди, эпитеты «сильнейшее и самое убедительное» можно употреблять только, если совсем игнорировать химическое доказательство, под которым он имел в виду правила радиоактивных смещений, установленные в феврале того же, 1913 г. К этому, во всяком случае, следует до-

бавить: а также, если игнорировать физические доказательства и следствия самого Ван-ден-Брука, права которого некому было защитить в этом диалоге крупнейших авторитетов науки того времени. Очевидно к тому же, что химическое доказательство (правила смещений), на которое ссылается Содди, было доказательством *post factum*, т. е. эмпирически найденные К. Фаянсом, Ф. Содди и другими учеными правила смещений при распаде радиоактивных элементов стали понятными только после открытия Ван-ден-Брука. Ни один из ученых, открывших это правило, в том числе и Содди, осознанно не связывал его с зарядом ядра в модели Резерфорда, а тем более с изменением порядковых номеров элементов в периодической системе в целом.

«Внутриатомный заряд и структура атома» [7]

25 декабря 1913 г. на страницах «Nature» выступил Ван-ден-Брук⁵. Он выразил благодарность Содди за принятие «в принципе» гипотезы о величине заряда ядра. По мнению Ван-ден-Брука, число редких земель «между цериумом и танталом» должно быть равно 18: дополнительно к 12 уже известным это должны быть «по крайней мере четыре открытых Ауэром фон Велсбахом в тулии, открытый Урбеном кельтий и неизвестный элемент между празеодимом и самарием». Только такое количество редких земель, по мнению Ван-ден-Брука, согласовалось с данными Гейгера—Марсдена по рассеянию α -частиц.

Другое свидетельство в пользу такого количества редких земель Ван-ден-Брук видел в своем представлении о «сжатой» системе элементов (см. с. 95). И на этот раз цель описания такой системы — показать, что заряд ядра урана⁶ равен 96, что число ядерных электронов определяется по формуле $R=cP^2$ и что вычисленные в такой системе и измеренные атомные веса хорошо совпадают. «Сжатая» система, по его мнению, может устранить нерегулярности в системе Менделеева. Водород и гелий помещались им вне системы как компоненты состава ядер. Таким образом, Ван-ден-Брук не хотел отказываться от мысли о более

⁵ Статья была датирована 12 декабря.

⁶ Оценка $Z_U=96$ Ван-ден-Бруком является независимой от такой же оценки Содди в [128]. Она прямо следовала из публикации Ван-ден-Брука от 27 ноября 1913 г. и была им указана в статье [8], написанной до публикации Содди.

«регулярной» системе, чем менделеевская. В своих умозаключениях он пытался идти дальше.

«После того как предыдущее было написано,— продолжал Ван-ден-Брук,— появилась публикация на ту же тему проф. Резерфорда. Своей публикацией, конечно же, я не имел в виду давать какое-либо исправление теории положительного ядра, предложенной проф. Резерфордом. Я даже не предполагал, что мысль, по которой ядро могло бы содержать электроны, является новой. Более того, только некоторый сгусток α -частиц пока может быть в атомном центре, окруженном некоторыми кольцами электронов. Эти кольца могут не оказывать вовсе влияния на свойства элементов; для электрона, проникающего [внутри атома] снаружи, они будут принадлежать ядру, в то время как для электрона, испущенного из самого внутреннего кольца, они не будут принадлежать ядру. Таким образом, характеристическое излучение зависит от [порядкового номера] M , но не зависит от [атомного веса] A . Как было доказано Мозли, это соблюдается для элементов от кальция до цинка, но кажется справедливым для всех элементов» [7, с. 477]. Хорошо видно, как тактично Ван-ден-Брук при прямом обращении к Резерфорду уклонился от обсуждения вопроса о составе ядра. Ведь в других местах статьи он обсуждает другие возможные, отличные от α -частиц компоненты атомного ядра (подробнее см. с. 129).

Еще одно свидетельство справедливости гипотезы о порядковом номере Ван-ден-Брук увидел в законе Р. Уиддингтона. Согласно этому закону минимальная скорость электронов, начиная с которой возбуждается характеристическое рентгеновское излучение, определялась зависимостью $V_{\min} = A \cdot 10^8$ см/сек, где A — атомный вес элементов. Ван-ден-Брук показал, что закон соблюдается лучше при замене атомного веса на удвоенный порядковый номер: $V_{\min} = 2M \cdot 10^8$ см/сек. В дальнейшем [10] эта формула была им заменена на более точную: $V_{\min} = 2,24(M-1) \cdot 10^8$ см/сек.

Ван-ден-Брук первым после Содди использовал в статье термин «изотопы».

То, что сделал Ван-ден-Брук для науки накануне публикации Мозли, вполне может быть названо теоретическим открытием.

Он впервые установил фундаментальное свойство материи, вносящее коренное изменение в уровень познания: величина заряда атомного ядра равна порядковому номеру элемента в периодической системе Д. И. Менделеева. Ван-

ден-Бруком были указаны прямые доказательства открытия и два следствия из него. Открытие стимулировало экспериментальные (Мозли) и теоретические (Бор) исследования и внесло ясность в ранее найденные эмпирические обобщения (правила радиоактивных смещений и явление изотопии). История развития представлений о структуре атома свидетельствует о том, что момент выдвижения Ван-ден-Бруком гипотезы порядкового номера (1 января 1913 г.) стал началом физической интерпретации периодической системы и изучения строения атома.

Итак, открытие Ван-ден-Брука является теоретическим открытием. Проведенное нами исследование показывает, что оно было совершено полностью самостоятельно в процессе анализа атомных весов методом модельных представлений системы элементов. Идея открытия была сформулирована им 20 июля 1911 г. [3], гипотеза с обоснованием — 1 января 1913 г. [4], первое прямое доказательство гипотезы и два следствия из открытия — 27 ноября 1913 г. [6]. Теоретическое открытие Ван-ден-Брука прошло, таким образом, все стадии, характерные для любого открытия.

Обнаруженная в Минске запись на авторском оттиске первой работы (см. рис. 2) и набросок текста неопубликованной статьи (см. рис. 3) позволяют связать воедино весь путь, пройденный ученым к открытию, опираясь теперь уже на его собственное мнение.

По-видимому, обе записи сделаны одновременно в марте — апреле 1914 г. как реакция на то, что Резерфорд в мартовской статье «Строение атома» сослался лишь на работу Ван-ден-Брука от 1 января 1913 г.

Даем перевод записи, сделанной Ван-ден-Бруком на авторском оттиске работы 1907 г. Для сравнения справа приводим перевод вывода, содержащегося в самой статье:

«В основе периодической системы лежит система всех возможных конгломератов положительных одновалентных „полуатомов“ гелия, т. е., согласно атомному весу, [система] непрерывного ряда всех четных целых чисел до 240».

«В основе теперешней периодической системы элементов лежит система альфа-д, или элементы суть только вторичные модификации α -частичных конгломератов или альфа-д» [1, с. 203].

Наиболее вероятной нам кажется следующая психологическая ситуация. Ознакомившись со статьей Резерфорда, принявшего почти все его идеи о заряде и составе атом-

ного ядра, и, по-видимому, уже успокоившись, Ван-ден-Брук стал размышлять о пути, который привел к признанию его результатов сначала Ф. Содди и Г. Мозли в декабре 1913 г., еще раньше Бором, а теперь Резерфордом. Все его статьи, начиная со статьи о кубической системе, были связаны друг с другом и вели к открытию. Выпадала из цепочки только первая статья с ее «полуатомами гелия» — альфонами. И вот тут-то он и попробовал, оставаясь в рамках материала статьи, исправить ее вывод так, чтобы она «сцеплялась» с последующими. Дописав до «von „halben Helium-atome“» (см. рис. 2), он вдруг понял, что, кроме терминологического устранения «альфона», не хватает какого-то другого, очень существенного слова, и поэтому, сделав вставку «positiv einwertigen» (положительных одновалентных), дописал фразу до «bis 240». Но в этот момент у него вполне могла возникнуть мысль, можно ли делать такую вставку, т. е. следует ли она из материала статьи. И он читает всю статью от начала до конца, оставляя на полях пометы и открывая для самого себя в ней то, чего раньше не осознавал.

Ван-ден-Брук убедился в том, что элементы уже в альфадной системе имели внутри атома заряды, возрастающие на единицу от элемента к элементу, и порядковый номер элемента, таким образом, совпадал с его общим внутренним зарядом (если, конечно, пренебречь водородом, который, по Ван-ден-Бруку, не находил места в такой системе). Понял наконец Ван-ден-Брук и вначале скрытый для него смысл координаты «число альфонов» ($\alpha's$), в функции которой он изобразил характер изменения измеренных и альфадных атомных весов.

Описанная ситуация не так уже нереальна, как может показаться на первый взгляд: когда-то и именно с точки зрения последующего знания Ван-ден-Брук обязательно должен был заново и именно так прочесть свою первую статью.

Но тут, естественно, возникает вопрос: как удалось Ван-ден-Бруку сразу так верно ухватиться за самую суть проблемы, почему ему так повезло с первой статьей? По-видимому, ответ нужно искать в другой особенности альфадной системы — как для альфона, так и для каждого элемента в альфадной системе им было сразу взято почти правильное, пока еще не осознанное соотношение заряда внутри атома с его массой — атомным весом ($Z/m = 1/2$). Таким образом, зародыш идеи теоретического открытия Ван-ден-

Брука был уже в альфадной системе, в его первой научной статье. Его заслуга и даже «везение» состояли в том, что он сразу взялся за анализ тенденций изменения величин атомных весов для всех элементов. Еще раз после открытия периодического закона Д. И. Менделеевым атомные веса элементов сыграли свою наводящую роль в раскрытии законов природы.

Однако закончим рассмотрение нашей вполне реальной ситуации. Пораженный новым видением статьи, Ван-ден-Брук изменившимся почерком дописал «dem Atomgewichte nach» и «zu Grunde». Более того, он берет лист бумаги и набрасывает вчерне заметку (см. рис. 3) в полном соответствии с рассмотренной ситуацией (в квадратных скобках предлагаем нашу интерпретацию пропущенных мест):

«В своей статье о строении атома сэра Э. Резерфорд [сослался только на мою январскую работу 1913 г.]. В действительности [уже] семь лет тому назад в статье [1] я предложил гипотезу, что периодическая система соответствует системе всех возможных конгломератов „полуатомов гелия“, другими словами, что n -й элемент в системе содержит n полуатомов гелия. Разумеется, поскольку заряд такого рода частицы есть единица, это означало, что число электронов на каждый атом было равно приблизительно половине атомного веса и [было равно] атомному номеру. Однако в то время число электронов на атом предполагалось равным атомному весу (Дж. Дж. Томсон) или в три раза больше такой величины (Кроузер) и даже в восемь раз (Уилсон). И только в 1911 г., после того как Баркла доказал для атома Дж. Дж. Томсона, а Резерфорд — для теперь хорошо известного ядерного атома, что число электронов на самом деле равно примерно половине атомного веса, и с тех пор применяя этот ядерный атом, я немедленно после этого заявил, что [„количество возможных элементов равно количеству возможных постоянных зарядов каждого знака в атоме, или каждому постоянному заряду (обоих знаков) в атоме соответствует возможный элемент“]. Однако атомный номер не равен половине атомного веса, и...».

Ван-ден-Брук не дописал и не опубликовал эти записи и никогда впоследствии не высказывал в своих работах мысль, что уже первая его статья 1907 г. содержала идею порядкового номера. Причина этого кроется, по-видимому, в том, что эта идея в статье была глубоко запрятана за такими, вообще говоря, ненаучными понятиями, как «по-

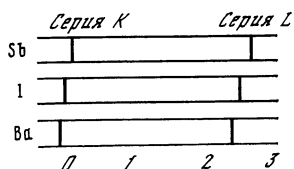
луатом гелия», «альфа-система элементов», «альфа-атомный вес». Возможно, поэтому он оборвал черновой набросок статьи на полуслове. А может быть, и в том, что он мало что получил бы, даже если и доказал бы столь раннее происхождение идеи: достаточно четкая ее формулировка уже содержалась в статье [3] от 20 июля 1911 г.

Материалы, найденные в Минске, существенно и естественным образом дополняют описанную историю важнейшего теоретического открытия.

Дальнейшее подтверждение открытия

Между 6 и 12 декабря 1913 г. из печати вышел очередной номер журнала «Philosophical Magazine», в котором была помещена первая из статей Г. Мозли с результатами измерений длин волн характеристического рентгеновского излучения [98].

Кроме гипотезы Ван-ден-Брука как побудительной причины для постановки экспериментов, на Мозли, безусловно, оказали влияние работы Чарлза Баркла. «Каждый элемент,— писал Баркла в сентябре 1911 г.,— имеет свою собственную флуоресцирующую линию спектра в X-лучах. Это очень удобно изображать подобно спектру обычного света, за исключением того, что, не зная длины волны, мы вынуждены определять ее через поглощение в некотором стандартном веществе (например, в алюминии). Так, мы можем изобразить известную часть спектров элементов Sb, I, Ba на рисунке:



Линии смещаются по направлению к более поглощающему концу спектра с увеличением атомного веса элемента. Едва ли следует много говорить, что все явления, связанные с прохождением X-лучей через вещество, могли бы быть легко объяснимы в терминах нескольких простых законов, выраженных по отношению к этим спектрам» [65, с. 411]. Недаром в самом начале своей первой статьи Мозли ссылается на эту работу Баркла. «Исследование было превосходно подготовлено к его занятиям,— писал

о Мозли известный историк науки Дж. Хейлброн, — он точно знал, что искать и, в общем, что ожидать» [86, с. 336]. Таковы главные предпосылки самой идеи экспериментов Г. Мозли.

Первая статья Мозли [98] содержала результаты измерений характеристических рентгеновских спектров 10 элементов от кальция до цинка. Вторая статья [100], опубликованная в апреле следующего, 1914 г. — еще 29 элементов от алюминия до золота. В целом экспериментальное открытие Мозли заключалось в следующем. Он разработал фотографический метод определения длин волн характеристического рентгеновского излучения и на основе этого метода измерил длины волн отдельных линий излучения для ряда элементов от алюминия до золота; в результате этих измерений он открыл закон, связывающий корень квадратный из частоты спектральных линий ν с целым числом N линейной зависимостью $\sqrt{\nu} = A(N - b)$, где A и b — постоянные, а N изменяется в периодической системе на единицу при переходе от элемента к элементу (рис. 15).

Классическими экспериментами Мозли с их ясной интерпретацией было продемонстрировано значение открытия Ван-ден-Брука, но полностью проблема порядковых номеров не была решена хотя бы потому, что Мозли сделал соответствующие измерения и вычислил порядковые номера только для 39 элементов.

Ученые по-разному отнеслись к этим открытиям. Некоторых настораживала простота найденного принципа определения заряда ядра. Другие уже пытались применять величины зарядов ядер для объяснения физических явлений. Третьи ставили эксперименты по более точному определению зарядов ядер и для большего числа элементов. Но ни один ученый не выдвинул возражения против того, как Ван-ден-Брук доказал свое открытие. Возражения против работ Мозли были, но они касались не их экспериментальной части, а дополнительной попытки Мозли количественно объяснить характеристические рентгеновские спектры исходя из теории Бора.

В 1914 г. на страницах «Nature» разгорелась дискуссия о количественном соответствии теории Бора экспериментальным данным, полученным Мозли для рентгеновских спектров. Не вдаваясь в подробности дискуссии [86], отметим, что и после нее полной ясности не наступило: при существенном расширении качественной картины строения атома эксперименты Мозли могли быть количественно

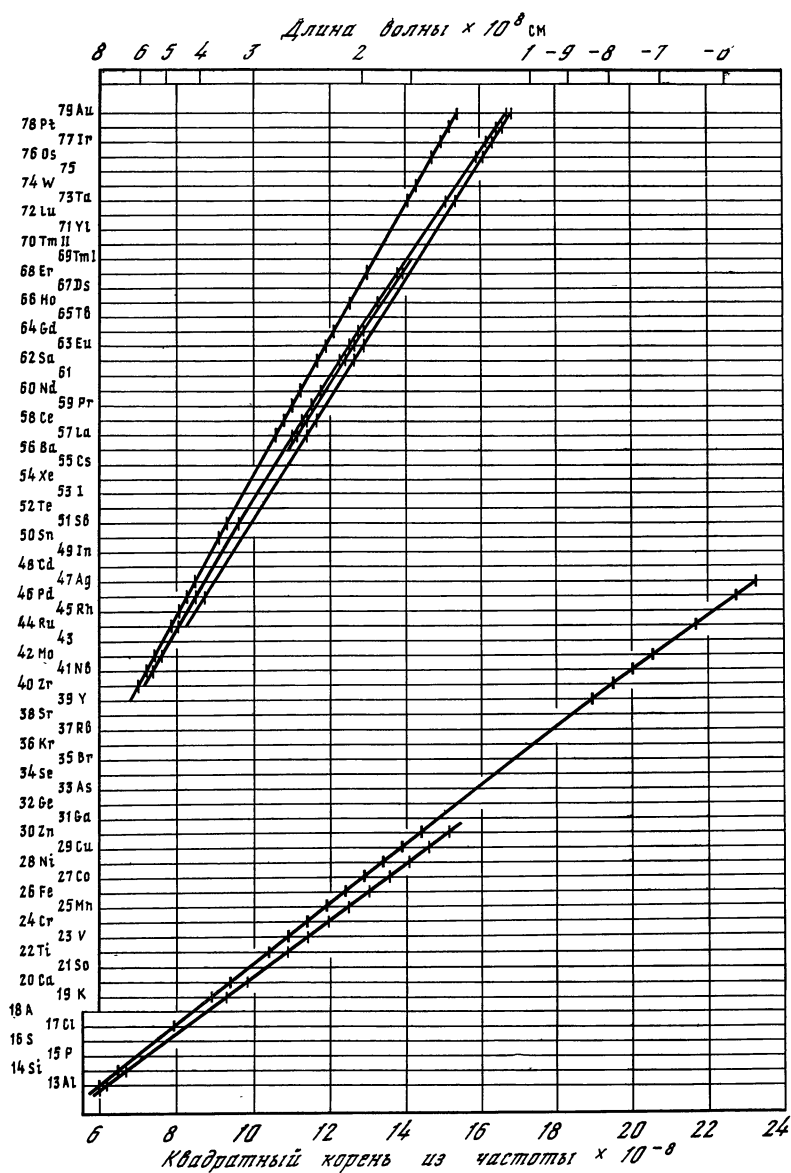


Рис. 15. Результаты экспериментов Г. Мозли, Апрель 1914 г.

объяснены только лишь после возникновения квантовой теории.

Выше уже отмечалось, что в сентябре 1913 г. Ридберг выдвинул математическую модель периодической системы [122], основу которой составляли представления о квадратных группах $4p^2$ элементов (p — номер группы). Согласно такой модели, его порядковые числа (или «ординалы») элементов были на две единицы больше, чем «атомные числа», найденные Мозли. В июле 1914 г. Ридберг выступил с работой [123], в которой проводил численный анализ экспериментов Мозли. Ридберг настаивал на том, что между водородом и гелием в периодической системе должны располагаться еще якобы неоткрытые элементы короний и небулий. На эту работу Ридберга немедленно откликнулся Ван-ден-Брук.

«Ординалы или атомные числа?» [14]

Статья была датирована июлем 1914 г. и опубликована в октябрьском номере «Philosophical Magazine» того же года.

В результате численного анализа целой серии экспериментальных данных, относившихся к γ -излучению RaВ (Резерфорд и Андраде), характеристическому рентгеновскому L_{α} -излучению (Мозли), рассеянию α -частиц на малые углы газами (Резерфорд и Нэттол), рассеянию рентгеновских лучей (Баркла и Кроузер), поглощению Н-частиц различными материалами (Марсден), Ван-ден-Брук показал, что «ординалы» Ридберга «не дают таких хороших величин, как атомные номера во всех случаях, где ожидается пропорциональность некоторой функции от них, исходя из гипотезы, предложенной автором (заряд ядра равен этим номерам для всех элементов)» [14, с. 631].

«Из вывода о существовании небулия, корония и т. п., — писал Ван-ден-Брук в конце статьи, — следовало бы сделать вывод об их изотопичности с водородом и гелием, но не вывод о необходимости изменения периодической системы или неправильности атомных номеров» [14, с. 632]. Замечание об «изотопичности» небулия и корония, интересное само по себе, показательно также и в том отношении, что оно свидетельствует о пробуждающемся у Ван-ден-Брука интересе к проблемам изотопии, о его, по-видимому, постоянных размышлениях на эту тему. Об определенной эволюции его взглядов свидетельствует так-

же возражение против «необходимости изменения» периодической системы Менделеева.

Содержание статьи показывает, что Ван-ден-Брук безразлично относился к вопросам терминологии. Без каких-либо оговорок он согласился с тем, что его вклад в науку был назван «гипотезой», а его «порядковый номер» (Folgenummer) — «атомным номером» (atomic number). Повидимому, главным для него было личное удовлетворение от решения поставленной перед собой задачи и от того признания, которое получило это решение со стороны ведущих ученых.

Сторонником Ридберга был член Королевского общества профессор У. Хикс [90]. Он не только поддерживал предположение о существовании небулия и корония, но и развивал собственные представления о структуре периодической системы, исходя из астрофизических наблюдений.

В том же 1914 г. Э. Резерфорд и Э. Андраде [111] измерили угол отражения характеристического рентгеновского излучения от кристаллической решетки радиоизотопа свинца RaB , вызываемого его γ -излучением. Этот угол оказался примерно равным углу, указанному Мозли. Отсюда авторами было сделано заключение, что «атомный номер» радиоэлемента RaB , а следовательно, и всех изотопов свинца равен 82. Затем с учетом закона радиоактивных смещений были определены «атомные номера» 13 других радиоэлементов. Эта работа была, пожалуй, первым исследованием Резерфорда, где он использовал как инструмент поиска нового знания свою ядерную модель атома, открытие величины заряда ядра и правила радиоактивных смещений.

В декабре 1914 г. И. Малмер [96] из Лундского университета (Швеция) предпринял измерение К-линий в рентгеновских спектрах более тяжелых элементов от иттрия до церия. Мозли для этих элементов измерял только L-линии. Измерения Малмера в целом находились в согласии с измерениями Мозли, однако им было замечено отклонение от линейной зависимости, найденной Мозли для К-серии.

Измерения рентгеновских спектров элементов конца периодической системы были выполнены в конце 1915 г. шведскими учеными М. Зигбаном и Э. Фрименом. Ими были измерены порядковые номера всех известных стабильных элементов от золота до урана. Эти порядковые номера согласовались с размещением элементов в перио-

дической системе и «не оставляли каких-либо сомнений относительно мест различных элементов» [125].

Однако сомнения все-таки оставались. Наиболее четко они были выражены в 1920 г. в работе Дж. Чадвика [73], выполненной по предложению Резерфорда.

К 1920 г. стало ясно, что ядерный заряд является фундаментальной постоянной атома и его действительная величина имеет огромное значение для дальнейшего развития атомной теории. Поэтому Чадвик по предложению Резерфорда осуществляет эксперименты по измерению ядерного заряда «возможно более точно прямым методом» — рассеянием α -частиц в веществе. Необходимость этих экспериментов объяснялась тем, что «открытие Мозли... есть эмпирическое выражение его измерений», что отождествление целых чисел Мозли «с атомным номером было достигнуто произвольным выбором постоянной». «То, что характеристическое число изменяется на единицу от элемента к элементу,— писал Чадвик,— является очень соблазнительным для ядерной теории, но не является экспериментальным доказательством заключения Мозли» [73, с. 736].

Чадвик провел эксперименты по рассеянию α -частиц более тщательно и на более совершенной установке, чем это сделали в свое время Гейгер и Марсден. Чадвик определил заряды ядер Pt, Ag, Cu, получив величины соответственно 48, 47, 29, согласующиеся с заключением Мозли. Но и после этого Чадвик писал, что остаются небольшие сомнения, действительно ли ядерный заряд увеличивается на единицу от элемента к элементу и что его чистый заряд дается атомным номером. Очевидно, что в основе этих сомнений лежала неуверенность в целочисленной природе электрического заряда.

Аналогичные прямые эксперименты по определению зарядов ядер предпринимали также П. Оже и Ж. Перрен в 1922 г. [56, с. 108] для аргона, Э. Билер в 1924 г. для алюминия и магния [66], Э. Резерфорд и Дж. Чадвик в 1925 г. для золота [117]. Их результаты согласовались с заключением Мозли и тем самым подтверждали теоретическое открытие Ван-ден-Брука.

Перечисленные как прямые, так и многочисленные косвенные проверки (любые ядерно-физические эксперименты, в которых проявляется зависимость от заряда ядра) уже давно привели к окончательному признанию того, что в основе периодической системы элементов лежит не атом-

ный вес, а заряд ядра, равный порядковому номеру элемента. Это открытие имело принципиальное значение для последующего развития науки. Приоритет этого открытия, как следует из всего изложенного, принадлежит голландскому ученому Антониусу Ван-ден-Бруку. Все последующее развитие науки доказало его открытие. Однако точной даты, когда произошло окончательное экспериментальное подтверждение этого открытия, указать, по-видимому, невозможно.

Теоретическое открытие А. Ван-ден-Брука и экспериментальное открытие Г. Мозли

Открытие Ван-ден-Брука свершилось буквально за две недели до публикации первой из работ Г. Мозли. Такой короткий срок между двумя публикациями не мог не отразиться на истории обоих открытий.

Мозли не только сделал экспериментальное открытие, но и сам его интерпретировал. На основе открытия Ван-ден-Брука он выбрал для алюминия целое число N и коэффициент b такими, чтобы N совпало с порядковым номером алюминия в периодической системе — 13. В результате этого он смог правильно определить «атомные номера» элементов, а также общее количество и порядок следования элементов в периодической системе. К тому же выводы, сформулированные Мозли, вышли далеко за рамки его собственного открытия, вобрав в себя и открытие Ван-ден-Брука. Например, важнейший вывод: «Это целое число, атомный номер элемента, идентично числу положительных единиц электричества, содержащихся в атомном ядре» [100, с. 713] никак не следует из существа открытия Мозли, а скорее является привязкой его к открытиям Резерфорда, Ван-ден-Брука, закона радиоактивных смещений и ряда других важных исследований, в частности оценок внутриатомных зарядов. У Мозли эта привязка основывается лишь на его убеждении, что «фундаментальное количество, которое увеличивается на постоянную величину при переходе от одного элемента к следующему... может быть только зарядом центрального положительного ядра» (курсив наш.— Ю. Л.). Таким же широким, хотя и оказавшимся правильным, был другой вывод: «Известные элементы соответствуют всем числам между 13 и 79, за исключением трех... пока еще не открытых» [98, с. 1031], так как Мозли исследовал только 39 из указанных 67 эле-

ментов. Наконец, открытие Ван-ден-Брука помогло Мозли выявить вид зависимости измеренных частот от «атомных номеров» и провести нумерацию элементов.

Впрочем, Мозли постоянно подчеркивал, что в своих выводах он опирался на идеи Ван-ден-Брука и других ученых: «Эта теория была первоначально выдвинута Ван-ден-Бруком и уже использована Бором» (декабрь 1913 г.) [98, с. 1031]; «Моя работа предпринята с выраженной целью проверить гипотезу Ван-ден-Брука, которую Бор включил как фундаментальную часть своей теории атомной структуры, и результат проверки определенно подтвердил гипотезу» (январь 1914 г.) [99, с. 554]; «Резерфорд доказал, что самой важной составной частью атома является его центральное положительно заряженное ядро, а Ван-ден-Брук выдвинул точку зрения, что заряд этого ядра является во всех случаях целым кратным зарядом ядра водорода... [Мои] эксперименты, следовательно, дают самую сильную из возможных поддержку гипотезе Ван-ден-Брука. Содди вывел, что химические свойства радиоэлементов являются сильным доказательством того, что эта гипотеза верна для элементов от Tl до U, так что ее общая ценность кажется теперь установленной» (апрель 1914 г.) [100, с. 712].

10 августа 1915 г. Генри Мозли погиб во время боевых действий на турецком фронте первой мировой войны. Его трагическая смерть стала еще одним немаловажным, на этот раз психологическим фактором, который отразился на оценке как его открытия, так и открытия Ван-ден-Брука. «Это — национальная трагедия», — писал Резерфорд [112, с. 34]. «Страшным потрясением для всех нас было это трагическое известие», — вспоминал Бор [52, с. 565].

Естественно, что в статьях-некрологах (Э. Резерфорд [112, 113], Э. Ланкестер, Н. Бор, У. Маковер [93], К. Фаянс [80]) и юбилейных статьях (Резерфорд [116]) авторы их разбирали, как правило, открытие Мозли, причем давали восторженную оценку его вкладу в науку. Так, Резерфорд писал в 1915 г.: «Можно не сомневаться, что его [Мозли.— Ю. Л.] доказательство, что свойства элемента определяются атомным номером, есть открытие великой и далеко простирающейся важности как с теоретической, так и экспериментальной стороны и равнозначно установлению одного из великих ориентиров в росте нашего знания о строении атома» [112, с. 34]. Аналогично он высказался в 1916 г.: «Доказательство Мозли, по моему

мнению, займет по важности место рядом с открытием периодического закона элементов и спектрального анализа, и в некоторых отношениях оно даже более фундаментально, чем каждое из них» [113, с. XXVI].

После 1916 г. Резерфорд перестал упоминать имя Ван-ден-Брука при характеристике открытия Мозли. Примером подобного высказывания является выдержка из его речи 12 сентября 1923 г. в Британской ассоциации в Ливерпуле: «...*Г. Мозли приступил к решению задачи, зависят ли свойства элементов от ядерного заряда, а не атомного веса, как это обычно предполагалось... Мозли доказал тождественность этих целых чисел с атомными или порядковыми номерами элементов, расположенных в порядке возрастания их атомных весов... Он пришел к выводу, что атомный номер элемента есть мера его ядерного заряда...*» [61, с. 355] (курсив наш.— Ю. Л.). И ни слова о работах Ван-ден-Брука. Более того, выступая в апреле 1934 г. в Лондоне перед Химическим обществом, Резерфорд заявил, что Бор первым выдвинул идею порядкового номера как заряда ядра и «только по странной оплошности сам приписал эту мысль Ван-ден-Бруку» [118, с. 636].

По форме это заявление напоминает высказывание В. И. Вернадского. В докладе, прочитанном в 1926 г. в Пятигорске, он говорил: «Различие элементов по количеству электронов... было указано гипотетически Ван-ден-Бруком. Г. Мозли исходил из его гипотезы» [64]. Однако в 1940 г. при переиздании доклада Вернадский сделал дополнение: «Сейчас выяснилось, что Г. Мозли по ошибке думал, что первенство принадлежит Ван-ден-Бруку. Он вычитал в нем то, чего Ван-ден-Брук не думал» [53].

Чем можно объяснить столь явные посягательства на приоритет Ван-ден-Брука, очевидным образом противоречащие фактам истории науки, т. е. оригинальным научным статьям Ван-ден-Брука, Мозли, Резерфорда и Бора, относящимся к 1911—1914 гг.?

В 1961 г., без малого через 50 лет после описываемых событий, в воспоминаниях об основоположнике науки о ядре Бор сам подтвердил заявление Резерфорда 1934 г. «Естественно,—писал Бор,— что в центре интересов всей манчестерской группы было исследование многочисленных следствий открытия атомного ядра. В первые недели моего пребывания в лаборатории (в марте 1912 г.— Ю. Л.) я последовал совету Резерфорда и прослушал вводный курс экспериментальных методов по радиоактивности...

Однако довольно быстро я оказался полностью захваченным общими теоретическими соображениями, которые следовали из новой модели атома...

С самого начала было ясно, что благодаря большой массе ядра и его малой протяженности в пространстве сравнительно с размерами всего атома строение электронной системы должно зависеть исключительно от полного электрического заряда ядра. Такие рассуждения сразу наводили на мысль о том, что вся совокупность физических и химических свойств каждого элемента может определяться одним целым числом...

Развивая эти взгляды, я получил значительную поддержку в беседах с Георгом Хевеши... Уже в 1911 г. он владел остроумным методом трассирующего состава (меченых атомов)... Как это описал не без юмора сам Хевеши, он пришел к этому методу в результате безуспешной, но чрезвычайно сложной работы, предпринятой как ответ на „вызов“ Резерфорда, который как-то сказал ему, что „если он не хочет даром есть свой хлеб“, то он должен помочь выделить ценный радий D из большого количества хлорида свинца...

Мои взгляды приняли определенную форму под влиянием разговоров с Хевеши... И, когда я узнал, что общее число уже обнаруженных стабильных и неустойчивых элементов превышает число мест в знаменитой таблице Менделеева, мне пришло в голову, что те неразличимые химические вещества, на существование которых обратил внимание Содди... обладают одним и тем же зарядом и отличаются лишь массой и особенностями строения ядра. Отсюда непосредственно вытекало, что при радиоактивном распаде элемента... происходит его смещение в таблице Менделеева на два номера влево или на один номер вправо в соответствии с уменьшением или увеличением заряда ядра при испускании частиц соответственно.

Когда я обратился к Резерфорду, чтобы узнать его мнение по поводу этих мыслей, то он проявил живой интерес к столь простым и заманчивым предположениям, однако с характерной для него осторожностью предостерег от чрезмерного доверия к модели атома и опасности экстраполяции относительно скудных экспериментальных данных» [52, с. 547—548].

К сожалению, нам пришлось привести такую большую выдержку из воспоминаний Бора потому, что большинство современных историков науки и других исследователей

строят на них оценку вклада Бора в раннюю историю ядерной физики. Вот как, например, излагает писатель Д. С. Данин тот же эпизод, опираясь в основном на воспоминания Г. Хевеши: «...[Хевеши] рассказал о тщетности своих попыток отделить от свинца радий D. Меж тем это было заданием Резерфорда. „Вам представляется случай доказать, стоите ли вы соли, которую успели съесть!“ — сказал он Хевеши, напоминая, что другим радиохимикам уже приходилось пасовать перед решением некоторых сходных задач. В голосе Хевеши звучало огорчение: получалось, что он не стоил съеденной им соли... Однако едва он окончил свой рассказ, как Бор объяснил ему причину его неудачи. Хевеши был поражен. И даже через пятьдесят лет в его интервью историкам слышался отголосок того изумления перед теоретической проницательностью Бора, которое он испытал тогда. Бор со своей стороны в независимом интервью изложил историкам ту давнюю ситуацию в следующих словах: „Хевеши рассказал мне, что существует больше радиоактивных элементов, чем мест для них в периодической таблице. Я об этом ничего не знал. Но для меня стало тотчас абсолютно ясно, что это означает“.

Короче говоря, когда в конце апреля 1912 г. Резерфорд вернулся из отпуска в Манчестер, у Бора уже были отчетливо сформулированы идея Изотопии, Закон атомного номера и Законы радиоактивных смещений для α - и β -излучений. Сверх того, он уверенно утверждал, что химия элементов зависит от периферийных электронов в атоме, а радиоактивность — от событий в атомном ядре...» [57, с. 92].

Проанализируем эти высказывания.

Во-первых, в воспоминаниях Бора по существу нет точных дат. Единственная дата «уже в 1911 г. он [Хевеши] владел...» неточна, поскольку метод меченых атомов был предложен Хевеши в 1913 г. [59 а]. Во-вторых, можно с большой натяжкой говорить о «многочисленных следствиях открытия атомного ядра», если формула рассеяния α -частиц, а следовательно, и ядерная модель атома были подтверждены только весной 1913 г. (работа Гейгера и Марсдена [81] была опубликована в апреле 1913 г.). Нас должно такжестораживать отнесенное к 1912 г. утверждение Бора, что свойства элемента могут определяться «одним целым числом». В-третьих, если Бор «тотчас» объяснил Хевеши, пораженному «теоретической проница-

тельностью» своего собеседника, причину его неудачи и Хевеши понял это объяснение (иначе чему было бы поражаться?), то это должно было бы как-то выделить соответствующую статью Хевеши среди ряда работ, посвященных раскрытию правил радиоактивных смещений.

Статья Хевеши [89] была датирована октябрём 1912 г., получена редакцией «Physikalische Zeitschrift» 15 декабря и опубликована 15 января 1913 г. «Статья Хевеши, построенная на обширном экспериментальном материале о валентности,— пишет А. Н. Кривомазов в своем исследовании истории открытия правил радиоактивных смещений,— содержала лишь частично верное приближение к правилам... В ней еще отсутствовало четкое представление о роли β -превращений в изменении химических свойств радиоэлементов... Хевеши также неверно представлял себе общую последовательность изменения валентности радиоэлементов активных осадков... Эту работу Хевеши нельзя рассматривать как существенный вклад в формулировку правил радиоактивных смещений, поэтому становится понятной невысокая оценка ее современниками» [55, с. 143]. Отсюда можно заключить, что разговор Хевеши и Бора, о котором они вспоминали, мог состояться лишь позже октября 1912 г. Но как тогда объяснить то, что в момент своего памятного разговора с Хевеши Бор «ничего не знал» о таком, в общем-то элементарном, факте — число мест в периодической системе меньше числа открытых радиоэлементов? Возможно, что разговор действительно состоялся вскоре после появления Бора в Манчестере; но то, что поразило Хевеши, не было столь всеобъемлющим, как это вспоминает через 50 лет Бор и так смело обобщает Д. С. Данин. Лишь последующие события (после октября 1912 г., а точнее, после 1 января 1913 г., когда была опубликована гипотеза Ванден-Брука) придали воспоминаниям обоих ученых далеко идущий смысл. Ни Бор, ни Хевеши в своих воспоминаниях не раскрывали существа идей, возникших в разговоре.

Наконец, из воспоминаний Бора и заявления Резерфорда следует, что идеи порядкового номера, правил радиоактивных смещений и изотопии возникли у Бора по крайней мере до соответствующих открытий, сделанных другими учеными. Нами тщательно проанализированы все опубликованные работы Бора манчестерского периода, что привело к следующим выводам.

Впервые модель атома Резерфорда упоминается у Бора в статье, подписанной августом 1912 г. и опубликованной в начале 1913 г. [67]. Выше (см. с. 75) уже проведен анализ этой работы. Из него следует, что, хотя статья и подводила к гипотезе о порядковом номере, в ней не содержится ни одного свидетельства о том, что Бор догадывался об идее порядкового номера. В статье ни прямо, ни косвенно не затрагивалась проблема величины заряда ядра.

В следующей статье Бора «О строении атомов и молекул» [68], датированной им 5 апреля 1913 г. и опубликованной в июле, есть косвенные указания на то, что к 5 апреля Бор знал о гипотезе Ван-ден-Брука. Но и здесь пока еще не приводится ни одна из упомянутых выше идей.

Первое соответствие воспоминаний Бора фактам можно найти в начале следующей статьи [69], опубликованной в сентябре 1913 г.: «Благодаря ограниченным размерам ядра его внутреннее строение не будет оказывать заметного влияния на структуру электронного роя, а поэтому не будет сказываться на обычных физических и химических свойствах атома. Последние зависят только от общего заряда и массы ядра; внутреннее строение ядра влияет только на явление радиоактивности» [69, с. 107]. (Ср. с той же идеей Ван-ден-Брука от 1 января 1913 г.: «Если [положительное] электричество мыслится Резерфордом сосредоточенным в ядре относительно малого размера, то становится понятным, что структура этих частиц [ядер] мало влияет на общую структуру [атома]» [4, с. 40].) Здесь же Бор впервые прямо ссылается на гипотезу Ван-ден-Брука (см. с. 87). Правила радиоактивных смещений, приведенные в последнем разделе статьи, Бор формулирует посредством «номеров групп», а не «порядковых номеров» элементов (именно этот последний термин он впервые употребляет в работе). Это опять никак нельзя объяснить только осторожностью, к которой призывал его Резерфорд.

В докладе, прочитанном 20 декабря 1913 г. в Физическом обществе в Копенгагене, Бор говорил, что «гипотеза порядкового номера» была «впервые высказана» Ван-ден-Бруком и она «открывает возможность простого объяснения периодического закона» [70, с. 158]. Перечисляемые при этом обоснования «гипотезы» отличались от обоснований Ван-ден-Брука от 1 января 1913 г. только

ссылкой на торможение α -лучей, т. е. ссылкой на собственную работу [67], опубликованную уже в 1913 г.

В следующей работе 1914 г. Бор писал: «Различными путями было однозначно установлено, что число электронов в нейтральном атоме равно порядковому номеру соответствующего элемента в периодической системе элементов» [71, с. 171]. При этом Бор сослался на работу Ван-ден-Брука [4], а также на его «некоторые новые статьи» в «Nature».

Из проведенного систематического анализа высказываний Бора, сделанных им в опубликованных статьях 1912—1914 гг., следует: во-первых, он, впрочем так же как и Мозли, никогда не приписывал себе приоритет и в выдвижении идеи порядкового номера; в его опубликованных работах нет ни одного даже косвенного намека на то, что он пришел к этой идее раньше Ван-ден-Брука; во-вторых, упоминание о правилах смещений впервые появляется в его работах спустя более полугода после того, как они были окончательно сформулированы (это было простое их переизложение); в-третьих, он не сказал ничего нового по сравнению с уже известным и в отношении изотопии. По всей вероятности, его разговор с Хевеши состоялся в один из его приездов в Манчестер между мартом и июнем 1913 г.: в марте Бор обсуждал с Резерфордом свою первую статью о структуре атома, а в июне Мозли, по-видимому, под влиянием бесед с Бором, начал эксперименты по проверке гипотезы Ван-ден-Брука.

Если у Бора и возникали соображения по поводу решения указанных проблем, они не получили никакого отражения в его опубликованных работах (а такие соображения вполне могли возникнуть раньше, чем у других сотрудников манчестерской группы, так как Бор был знаком с работами по крайней мере Ридберга и Ван-ден-Брука и имел возможность глубоко их анализировать). Более того, известно высказывание Бора, противоречащее его воспоминаниям 1961 г. и заявлению Резерфорда 1934 г. Оно содержалось в докладе, прочитанном 27 апреля 1920 г. на заседании Немецкого физического общества в Берлине: «Время не позволяет мне приводить здесь основания для этой так называемой ядерной модели атома... Мне хочется упомянуть только об одном результате, придавшем необычайную простоту и привлекательность современной теории атома; я говорю о том, что число электронов нейтрального атома равняется просто числу, определяющему место соот-

ветствующего элемента в периодической системе. Это положение, высказанное впервые Ван-ден-Бруком, представляет собой программу, которая состоит в том, чтобы объяснить физические и химические свойства элементов, положив в основу модель атома и опираясь на это число, называемое „атомным номером“» [72, с. 247—248].

Подводя итог сказанному о Боре, отметим, что своими воспоминаниями он оставил для историков науки своеобразную ловушку, в которую попались многие. В воспоминаниях Бор писал о Резерфорде, для характеристики которого привел его отношение к очевидно имевшему место факту предвосхищения (вообще говоря, нередкому явлению в научной практике, но редко находящему отражение в научной литературе). При этом Бор не выдвигал каких-либо претензий о приоритете. Он не привел точных дат и своевременно не опубликовал свои соображения, т. е. своевременно не ввел их в научный оборот. Описанные с позицией знаний более позднего периода эти соображения не могут быть произвольно перенесены из 1961 г., скажем, в 1912 г. и с этого времени считаться историко-научным фактом. С другой стороны, анализ опубликованного Бором приводит к выводу о его безусловной корректности в оценках других ученых независимо от их ранга и научных заслуг. В этом отношении рассмотренный нами случай с Ван-ден-Бруком весьма показателен.

Приведем еще один пример столь же давних воспоминаний. Они были написаны в 1955 г. одним из сотрудников лаборатории Резерфорда, теоретиком Ч. Дарвином, и представляют для нас особый интерес, поскольку посвящены «открытию атомного номера». Дарвин, в частности, писал: «В то время вся манчестерская лаборатория верила в несомненное существование атомного номера, который был определен как заряд ядра... Уже полностью оправдывалось существование принципа атомного номера. Для тех, кто работал в то время в Манчестере, работы по рассеянию на ядрах сделали идею об атомном номере вполне убедительной; она была полностью признана, хотя фактически принцип атомного номера был предложен в литературе несколько позже [Van den Broek, Phys. Zs., 14, 33, 1913]» [75, с. 7].

В этом высказывании содержится несколько неточностей. Выражение «в то время» неопределенно: перед цитатой упоминаются работы Гейгера и Марсдена от апреля 1913 г. [81] и работа Дж. Чадвика 1920 г. [73]. Никто,

кроме Ван-ден-Брука, в отношении к модели атома Резерфорда не высказывал «принципа атомного номера», в то время как гипотеза о величине заряда ядра была высказана впервые Ван-ден-Бруком 1 января 1913 г. Сам термин «атомный номер» был введен лишь в конце 1913 г. (см. с. 99). Неправильно указана страница работы Ван-ден-Брука. Выражение «несколько позже» может свидетельствовать о том, что каким-то образом в манчестерской лаборатории стала известна идея Ван-ден-Брука [3], высказанная 20 июля 1911 г., но это ничем не подтверждается. В статье содержится также неправильное утверждение, что в результате экспериментов Мозли всем элементам таблицы Менделеева были приписаны свои «порядковые номера». Наконец, статья имеет ссылку только на одну указанную работу Ван-ден-Брука. Другие его работы, в том числе важнейшая [6], не упоминаются.

Все эти неточности вызывают сильное сомнение в соответствии воспоминаний Дарвина реальной истории открытия величины заряда ядра. Эта по существу единственная статья, посвященная непосредственно теме введения порядкового номера, показывает, сколько путаницы осталось в этом вопросе.

Рассмотрение истории открытия величины заряда ядра неопровержимо указывает на определяющий вклад Ван-ден-Брука в его установление и тем самым в дальнейшее развитие теории строения атома, структуры периодической системы и ядерной физики. Нет необходимости еще раз подчеркивать важность и право этого открытия на достойное место среди других научных открытий. А между тем до настоящего времени оно не признается как таковое.

Experimentum crucis Мозли оказался в свое время самым простым, прямым, быстрым и результативным экспериментальным подтверждением открытия Ван-ден-Брука. Мозли разработал метод точного определения порядкового номера и заряда ядра каждого элемента, что давало возможность определить общее число элементов в природе, помогло решить проблему количества мест в периодической системе для редкоземельных элементов. Последующие эксперименты подтвердили первоначальное предположение Мозли, что частоты характеристических рентгеновских спектров находятся в простой зависимости именно от заряда ядра, определяемого порядковым номером элемента в периодической системе. Открытие Ван-ден-Брука на стадии гипотезы стало толчком к решению Мозли осу-

ществить эти эксперименты, дало ему в руки ключ к расшифровке результатов и определило в конечном счете быстрое признание их фундаментального значения.

Выше было отмечено, что Мозли, воспользовавшись гипотезой Ван-ден-Брука, самостоятельно интерпретировал найденные им закономерности в рентгеновских спектрах, что, безусловно, является его заслугой. Но это породило путаницу в формулировках его открытия, привело к смешению его открытия с открытием Ван-ден-Брука. Сущность открытия Мозли излагали Резерфорд [113 и др.], Содди [62], Фаянс [80], Бор [93] и историки науки А. Ромер [106], Дж. Хейлброн [87], С. Глесстон [56], У. Сметон [126], Дж. Сартон [124]. Кроме того, в многочисленных энциклопедиях, жизнеописаниях ученых и учебниках не обойдено имя Мозли, но, к сожалению, как правило, нет даже упоминания о Ван-ден-Бруке. Можно составить достаточно полный спектр различных мнений о существовании открытия Мозли. Из анализа высказываний разных авторов следует, что всегда, когда не упоминается о Ван-ден-Бруке или его открытии, происходят досадные неточности в формулировке открытия Мозли.

Поэтому одной из причин смещения двух независимых открытий следует считать недостаточность опубликованных сведений о Ван-ден-Бруке и историко-научных работ о его творчестве. Другая причина — трагическая, окруженная героическим ореолом судьба Г. Мозли. Почти все высказывания об открытии Мозли либо мемориальные, либо посвящены годовщинам его открытия. При этом повод требовал из соображений этики писать только о Мозли и его открытии. К тому же следует иметь в виду патристические чувства пишущих воспоминания или историю (в основном — англичан), зачастую принадлежащих к школе Резерфорда, и, наконец, высокий авторитет самого Резерфорда, задававшего тон этим воспоминаниям и оценкам. Лишь очень немногие авторы и некоторые издания смогли избежать неточностей (например, Дж. Хейлброн [86]¹).

Принимая во внимание изложенное выше, следует относиться с большой осторожностью к формулировкам открытия Мозли, даже если они принадлежат выдающимся ученым.

¹ Но тот же Хейлброн допускает сразу несколько ошибок, когда пытается давать оценку работам Ван-ден-Брука [86, с. 344—345].

Ни Мозли, ни Бор не претендовали на приоритет в открытии Ван-ден-Брука. Если же говорить в целом об открытии величин зарядов ядер, то это открытие по праву должно одновременно носить имена и Ван-ден-Брука и Мозли, т. е. должно называться *открытием Ван-ден-Брука—Мозли*. Именно в результате исследований этих двух ученых, теоретика и экспериментатора, были в итоге выявлены величины зарядов ядер элементов. При этом принципиально различные термины — *теоретическое открытие Ван-ден-Брука* и *экспериментальное открытие Мозли* — должны употребляться для характеристики индивидуального вклада каждого из этих ученых.

Предложенная терминология, по нашему мнению, должна облегчить правильную трактовку истории одного из важнейших открытий науки.

А. Ван-ден-Брук и возникновение первых представлений о строении атомного ядра

Ван-ден-Брук был первым, кто стал рассматривать вопросы, относящиеся к составу ядра. Фактически он является автором модели ядра, которая позже стала называться протон-электронной моделью.

Как уже отмечалось, выдвинув ядерную модель атома в мае 1911 г. [107], Резерфорд ограничился только оценкой величины «центрального заряда» — приблизительно половина атомного веса. Единственное его замечание, относящееся к строению центрального массивного тела в атоме, состояло в том, что «найденное приближенное значение центрального заряда атома золота ($100 e$) примерно совпадает с тем значением, которое имел бы атом золота, состоящий из 49 атомов гелия, несущих каждый заряд $2 e$ » [107, с. 223]. В 1912 г. Резерфорд ввел термин «ядро» и склонился к мысли, что заряд ядра — положительный [108].

Первые мысли о строении, а точнее, о возможном составе атомного ядра были выражены Ван-ден-Бруком. В своей статье от 1 января 1913 г. он писал: «То, что число вращающихся вокруг этого ядра электронов равно половине атомного веса, впрочем, не исключает того, что в положительном ядре могут существовать еще дополнительные электроны как составные части α -частицы. Едва ли α -частицы могут быть единственными носителями положительного заряда, поскольку атом гелия не является лег-

чайшим атомом. Но таковым, согласно гипотезе Праута, должен быть атом водорода, который, как одновалентная положительная единица, должен быть также компонентом α -частицы. Таким образом, в α -частице в атоме должны были бы содержаться, кроме этого, еще два электрона, а при еще меньших компонентах — соответственно больше» [4, с. 38]. Это рассуждение было приведено в статье как подстрочное замечание к перечню экспериментальных данных о коэффициенте пропорциональности между числом электронов в атоме и величиной его атомного веса.

Содержащаяся в рассуждении оговорка о «меньших компонентах» разъясняется в конце статьи, где Ван-ден-Брук опять возвращается к вопросу о составе ядра: «В то время, как относительно областей электронов существует в общем согласие между различными теориями, того же нельзя сказать о положительных электричествах. Но если, согласно Резерфорду, они мыслятся сосредоточенными в ядре относительно малого размера, то становится понятным, что структура этих составляющих ядро частиц мало влияет на общую структуру [атома]. То, что общий заряд этого ядра, так же как и масса, точно таков, как будто при постройке ядра исходили из α -частиц, едва ли может быть случайным. В соответствии с отклонениями атомных весов от целых четырехкратных и целых чисел, кроме того, могут содержаться и другие носители положительного электричества — возможно, лишь в очень незначительном количестве, возможно, также различным образом у разных атомов одного и того же элемента. Во всяком случае этим отклонениям в массе можно приписать только более подчиненное значение вопреки решающему влиянию, которое оказывает заряд на свойства элементов; прежде всего потому, что после они могут оказаться нерегулярными отклонениями от нормальных теоретических чисел» [4, с. 40]. Под «целыми четырехкратными» и «нормальными теоретическими» Ван-ден-Брук имел в виду целые числа $4n$ и $4n+3$ ($n=1, 2, 3, \dots$), к которым были близки атомные веса. Таким образом, одновременно с гипотезой о порядковом номере Ван-ден-Брук выдвинул из самых общих соображений («атом гелия не является легчайшим атомом» и «согласно гипотезе Праута») предположение, что в состав ядра наряду с α -частицами (предположение Резерфорда) могут входить «одновалентные положительные единицы», каковыми являются «атомы водорода» с массой 1. Тогда, если заряд иона гелия равен двум, в состав, например,

ядра гелия с массой 4 могут входить «еще два электрона» (с пренебрежимо малой массой).

Однако атомные веса многих других атомов значительно отклоняются от целых чисел. Не зная еще причины этого явления, Ван-ден-Брук предположил, что носители положительного электричества, с единичным зарядом каждый, могут иметь массу, меньшую, чем атом водорода. Тогда и число электронов в ядре должно быть «соответственно больше». Но главное состояло в том, что Ван-ден-Брук указал на водород как на возможный носитель единичного положительного заряда в ядре и на электроны в ядре, которые должны нейтрализовать избыточный положительный заряд. Эти идеи были выражены в работе еще разрозненно и не имели четких формулировок. Однако уже в таком виде они могли пробудить мысль вдумчивого и внимательного читателя.

Такими качествами читателя безусловно обладал Нильс Бор. Как теоретик, он не был загружен текущими экспериментами. Будучи молодым ученым с широким кругозором и независимыми суждениями, он имел полную возможность внимательно ознакомиться, в частности, с работами Ридберга и Ван-ден-Брука. Можно с большой уверенностью утверждать, что именно идеи Ван-ден-Брука были им переосмыслены и рассказаны Резерфорду в марте 1913 г. Легко понять реакцию Резерфорда, относившегося с недоверием к теории вообще, а тем более к идеям, выраженным пока мало кому известным ученым и в столь несовершенной форме. По-видимому, именно к этому времени относится реплика Резерфорда об идеях Ван-ден-Брука: «Забавный домысел, не имеющий под собой достаточного основания». Недоверие Резерфорда к идеям Ван-ден-Брука было, очевидно, столь сильным, что у него даже мысли не возникло ни до, ни после публикации результатов экспериментов Гейгера и Марсдена (апрель 1913 г.) проверить, соответствуют ли они идее порядкового номера. Поэтому естественно, что он охладил первоначальный энтузиазм Бора и советовал не доверять столь простой модели, «не спешить и быть осмотрительным» [52, с. 548].

Психологически понятно, что после такого «холодного душа» Бор мог сознательно или бессознательно искать более отзывчивых собеседников, с которыми можно было бы обсудить волновавшие его мысли. По-видимому, такими собеседниками оказались Хевеши (по воспоминаниям Бора и Хевеши) и Мозли, такой же молодой и ищущий перспек-

тивную экспериментальную тему исследователь. Именно у последнего Бор нашел глубокое понимание, а затем в его лице и горячего сторонника своих идей. Очевидно, что идеи Ван-ден-Брука и выводы из них были обсуждены ими свободно и до конца. У Мозли в результате бесед с Бором сформировалась идея его экспериментов. У Бора же появилось основание ждать их результатов. Наконец, во время этих бесед, видимо, зародилась и их дружба, проявления которой общеизвестны. Именно такая психологическая реконструкция упоминавшихся выше воспоминаний Бора и Хевеши кажется нам наиболее реальной, хотя и требующей дополнительных доказательств на основе изучения переписки 1912—1914 гг. Если это так, то их воспоминания нужно относить к более позднему времени и согласиться с тем, что соответствующие идеи возникли под влиянием работы Ван-ден-Брука от 1 января 1913 г.

Не менее важен и содержащийся в той же работе вывод Ван-ден-Брука о независимости структуры атома от строения ядра и структуры составляющих его частиц. Этот вывод был получен из представления Резерфорда о малости атомного ядра в пространстве атома и из постулата о «решающем влиянии, которое оказывает заряд на свойства элементов»; этот вывод Бор поддержал и развил в сентябре того же года (см. с. 117).

Наряду с разделением свойств элементов на зависящие от ядра и от «электронного роя» Бор в последнем разделе этой работы впервые рассмотрел вопрос о происхождении β -частиц. Он пришел к выводу, что «быстрые β -частицы испускаются ядром». Такой вывод следовал у него, с одной стороны, из развиваемой им теории электронного строения атома, с другой — из «того факта, что два кажущихся идентичными элемента (имеющие очень близкие химические свойства и одинаковый линейный спектр) испускают β -частицы с разной скоростью». С выводом согласовались также правила радиоактивных смещений.

11 декабря Резерфорд признал, что он не обсуждал вопрос о строении ядра. Здесь же он более определенно высказался о происхождении α - и β -частиц: «Мне кажется без сомнений, что α -частица происходит из ядра и... β -частица имеет такое же происхождение». При этом Резерфорд исходил из факта, что « β -лучевые превращения, аналогично α -лучевым, не зависят от физических и химических условий», а выделяемая энергия «много больше,

чем могла бы ожидатьсЯ при разрушении внешних электронных систем» [109, с. 423]. Здесь Резерфорд сослался на Бора, который в сентябре высказал аналогичную точку зрения.

В опубликованной 27 ноября 1913 г. статье [6], написанной 10 ноября, Ван-ден-Брук, опираясь на результаты экспериментов Гейгера и Марсдена, полученные в апреле 1913 г., нашел доказательство того, что предложенная им гипотеза соответствует периодической системе Менделеева, но ядерный заряд не равен половине атомного веса, как это утверждали Баркла и Резерфорд, а «немного меньше», чем это вытекает из эксперимента (около 100 для Au). «Если это так,— писал Ван-ден-Брук,— то масса атома состоит в значительной большей своей части из α -частиц, и тогда ядро также должно содержать электроны, чтобы компенсировать этот лишний заряд» [6, с. 373].

Таким образом, здесь уже речь шла не о происхождении β -частиц — происходят ли они из ядра или его окружения, что в сентябре показал Бор, а в декабре — Резерфорд. Здесь речь шла о составе ядра. Если ядро может иметь излишнюю массу ($^{1/2}A > Z$ для средних и тяжелых элементов), связанную, по мнению Ван-ден-Брука, с «положительным электричеством», то оно должно содержать дополнительные к их числу в α -частицах ядерные электроны, чтобы «компенсировать лишний заряд». Таким образом был объяснен нелинейный характер изменения атомных весов в периодической системе Менделеева, замеченный Ван-ден-Бруком еще в апреле 1911 г. (см. с. 68). И это было единственно возможным тогда объяснением.

Если в работе от 1 января Ван-ден-Брук выразил идею о наличии электронов в ядрах вскользь, опираясь на самые общие соображения, то 27 ноября эта идея была четко сформулирована и доказана на основе открытия величин зарядов ядер и анализа атомных весов в менделеевской системе элементов. Свидетельство тому — немедленные отклики Содди, Резерфорда и снова Содди (см. с. 96).

Полемические части этих откликов носят оттенок борьбы каждого из ученых за приоритет своих школ в установлении новых фактов: Резерфорд ссылался на уже состоявшееся использование «идеи» Ван-ден-Брука в теории Бора и на еще неопубликованную работу Мозли, Содди — на химические исследования А. Флека, а также на выполненное с его участием установление правил смещений и явления изотопии и, наконец, даже на собственную работу

[127], в которой он якобы впервые установил, что «имеется единичная разность заряда между последовательными местами» элементов в периодической системе от таллия до урана. Таким образом, к упомянутым выше Мозли, Бору добавился еще один претендент на приоритет в открытии Ван-ден-Брука — Содди. Детальный анализ этой работы Содди показывает, что он был далек от идеи о порядковом номере [31]. Только желанием умалить значение открытия Ван-ден-Брука можно объяснить заявление Содди, что «точке зрения» Ван-ден-Брука «без сомнения недостает оригинальности» [128].

Как было показано (см. с. 94), работа Ван-ден-Брука «О ядерных электронах» [8] написана между 10 ноября и 4 декабря 1913 г., хотя и опубликована в марте 1914 г. Здесь он снова рассматривает проблему состава ядра: «Если бы α -частица была составлена из четырех H^+ -частиц и двух электронов, то для урана число ядерных электронов должно было бы быть равным 142, число положительных единиц — 238, т. е. 380 частиц занимают объем примерно $2,7 \cdot 10^{-35}$ см³. Поэтому положительная единица должна быть равного размера или идентична электрону ($0,5 \cdot 10^{-37}$), но в другом состоянии». Этим Ван-ден-Брук подкрепил еще раз высказанное им ранее [4] предположение, что H^+ -частица является компонентом ядра. Его прежнее утверждение, что ядро «в значительно большей своей части состоит из α -частиц», в этой работе отсутствует. Важным представляется и следующий, впервые осуществленный Ван-ден-Бруком подход к анализу состава атомных ядер.

Кроме ядра гелия Ван-ден-Брук рассмотрел состав ядра урана. Иными словами, он дал метод определения состава ядер вообще, если предположить, что их атомные веса целочисленны. Представление о ядерных электронах и допущение о целочисленности атомных весов давали возможность рассматривать ядра с точки зрения их состава: количество « H^+ -атомов Праута» совпадало с целочисленным атомным весом A , а количество так называемых дополнительных (к их числу в α -частицах) ядерных электронов определялось из разности $A - Z$, где Z — величина заряда ядра. В дальнейшем как до, так и после открытия стабильных изотопов такой метод анализа состава ядер был успешно развит американским ученым У. Харкинсом [31].

Как названием, так и содержанием этой и последующих работ Ван-ден-Брук четко придерживался точки зрения, что ядерные электроны входят в состав ядра и ядро

«должно содержать электроны». В сентябрьской работе Бор был более осторожным. Он писал, что β -частицы «испускаются ядром», «выходят из ядра», наконец, имеют «внутриядерное происхождение» [51, с. 130]. Резерфорд был менее осторожным в своих высказываниях. Вслед за Ван-ден-Бруком он писал в марте 1914 г., что атом гелия «содержит два отрицательных электрона» и «представляется невероятным, чтобы электроны внутри ядра вносили вклад в рассеяние α -лучей» [110, с. 243–244]. В 1920 г. он выражался еще более категорично: «У нас имеются серьезные основания считать, что ядра атомов наряду с положительно заряженными частицами содержат также и электроны» [114, с. 295].

Так по инициативе Ван-ден-Брука в науку о ядре была внесена пока никому не ведомая логическая неточность: понятие «происходить из» было подменено неэквивалентным понятием «состоять из». Никто из ученых, по-видимому, такой неточности не заметил. Исправлена она была только через 20 лет открытием нейтрона.

С точки зрения более позднего знания ясно, что гипотеза о ядерных электронах была необходимым и естественным шагом в ходе изучения структуры ядра; пара частиц протон + ядерный электрон фактически означала не что иное, как позже открытый нейтрон. По существу именно этим определяется живучесть гипотезы и связанной с ней протон-электронной модели ядра, ценность результатов, полученных ядерной физикой до открытия нейтрона, наконец, непрерывный процесс ее развития. Открытие нейтрона знаменовало собой важный, но, вообще говоря, не столь уж неожиданный и радикальный поворот в истории ядерной физики.

В статье «О ядерных электронах» [8], исходя из развитых им представлений о «сжатой» системе элементов, согласно которой число ядерных электронов пропорционально «периодическому номеру» P ($P = \sqrt{\left(\frac{A}{2} - M\right)} / c$, см. с. 95), Ван-ден-Брук выдвинул еще одну ошибочную идею. Поскольку, по его мнению, номер P в «сжатой» системе остается неизменным от церия до тантала, то «все редкие земли должны содержать одинаковые количества ядерных электронов» [8, с. 456–457]. В дальнейшем эта идея и вообще идея «сжатой» системы никем не была поддержана, хотя к обеим идеям Ван-ден-Брук обращался еще не раз.

В работе [8] и в ответе Резерфорду и Содди от 25 декабря [7] Ван-ден-Брук ввел термин «ядерные электроны». Он выразил удивление, что его мысль о ядерных электронах оказалась «новой». Ученый вновь, но уже в другой форме высказывался по поводу состава ядра: «Если $[\alpha]$ -частица, по всей вероятности, состоит из четырех H^+ -частиц и двух электронов, а частица X_2^+ из трех H^+ -частиц и двух электронов, число электронов и H^+ -частиц должно быть равно атомному весу. Но тогда диаметр положительной единицы определенно не может быть больше диаметра электрона (10^{-13} см). [Эта положительная единица], конечно, может быть также электроном, но в другом состоянии и быть частицей с чистым положительным зарядом» [7, с. 478]. Понятно, что это высказывание является, по существу, только новой редакцией приведенного выше высказывания из статьи «О ядерных электронах» [8], которая была опубликована лишь в марте 1914 г. Оно служит еще одним доказательством того, что эта статья была написана Ван-ден-Бруком между 10 ноября и 4 декабря 1913 г.

Известно, сколь важной для развития ядерной физики была статья Резерфорда «Строение атома» [110], опубликованная в марте 1914 г. У нас нет прямых свидетельств, в какой мере Резерфорд использовал идеи Ван-ден-Брука. Однако анализ этой статьи, пожалуй, позволяет получить такие свидетельства, опираясь на то, что выше мы внимательно проследили все публикации Бора, Резерфорда и Ван-ден-Брука, посвященные вопросу о строении атомного ядра. С этой целью рассмотрим новые идеи и выводы, впервые появившиеся в этой статье Резерфорда.

В первой части статьи описаны последние результаты, полученные сотрудниками Резерфорда. Эксперименты Гейгера и Марсдена «показали, что гипотеза о структуре атома в существенных чертах правильна». (Отметим, что Резерфорд обходит в статье молчанием новую интерпретацию этих экспериментов, данную Ван-ден-Бруком 27 ноября 1913 г.) Ч. Дарвин теоретически показал, что формулы Резерфорда для рассеяния α -частиц практически не изменятся при учете движения ядер отдачи даже для таких легких атомов, как атомы углерода, и что закон сил, действующих между α -частицей и ядром, есть закон обратной пропорциональности квадрату расстояния. Предварительные эксперименты Марсдена по рассеянию α -частиц в водороде указывали на то, что часть атомов водорода в ре-

зультате столкновений с α -частицами получают скорости, согласующиеся с теоретически ожидаемыми.

Выводы второй части статьи [110], носившие теоретический характер, приведем по порядку, снабжая их необходимыми комментариями:

1. Резерфорд: «Из опытов Дж. Дж. Томсона и других хорошо известно, что никогда не наблюдались носители положительного электричества с массой, меньшей массы атома водорода. Обнаруженные чрезвычайно малые размеры ядра водорода (меньше обычно принимаемой величины диаметра электрона) подтверждают предположение, что ядро водорода есть положительный электрон и что его масса исключительно электромагнитного происхождения» [110, с. 242—243].

Ван-ден-Брук: «Дж. Дж. Томсон обнаружил у водорода (и только у него) никогда не больше, чем один заряд, у гелия — никогда не больше, чем два заряда в атоме... α -Частицы вряд ли могут быть единственными положительными носителями, так как атом гелия не есть легчайший атом... H^+ -атом в качестве одновалентной положительной единицы может быть составной частью α -частицы» [4, с. 38, 41] (1 января 1913 г.); в ядре урана «380 частиц занимают объем около $2,7 \cdot 10^{-35}$ см³. Поэтому положительная единица должна быть равного размера, если не идентична электрону ($0,5 \cdot 10^{-37}$), но в другом состоянии» [8, с. 457] (10 ноября — 4 декабря 1913 г.); «Диаметр положительной единицы мог бы быть не более чем диаметр электрона (10^{-13} см) и может, конечно, быть частицей с чистым положительным зарядом» [7, с. 478] (25 декабря 1913 г.).

Связь идей и аргументаций двух ученых очевидна. Особенно ясно это из введенного Резерфордом термина «положительный электрон». Новым является его предположение о том, что масса ядра водорода — электромагнитного происхождения.

2. Резерфорд: «Если предположить, что положительный электрон, т. е. атом водорода, — это тот единичный элемент, из которого составлены все атомы, то следует ожидать, что атом гелия содержит четыре положительных и два отрицательных электрона» [110, с. 243].

Ван-ден-Брук: «В α -частице, входящей в атом, должны находиться, помимо [H-атомов], еще два электрона» [4, с. 38] (1 января 1913 г.); «Если бы α -частица состояла из четырех H^+ -частиц плюс двух электронов, тогда коли-

чество ядерных электронов для урана было бы равным 142, количество положительных единиц — 238» [8, с. 457] (10 ноября — 4 декабря 1913); « α -Частица, возможно, состоит из четырех H^+ -частиц и двух электронов, а X_3^+ -частица — из трех H^+ -частиц и двух электронов» [7, с. 478] (25 декабря 1913 г.). Выводы Ван-ден-Брука полнее — охватывают большее число ядер.

3. Резерфорд: «Ядро гелия — очень стабильная конфигурация, которая... представляет собой, по-видимому, одну из единиц, из которых построено большинство атомов. Радиоактивные явления показывают, что атомный вес последовательных продуктов при испускании α -частицы уменьшается на четыре единицы и, как часто указывалось, атомные веса многих стабильных атомов различаются примерно на четыре единицы» [110, с. 243].

Ван-ден-Брук: «То, что общий заряд ядра, так же как и масса, точно соответствует такому, какой полагался бы при [его] построении из α -частиц, едва ли может быть случайным. ...Носителями положительных зарядов внутри ядра относительно малого размера могли бы быть, пожалуй, в значительной мере α -частицы. Наряду с ними могут существовать все же другие неизвестные носители... которые могли бы объяснять отклонения атомных весов [от целых чисел]...; Если распределить все округленные до целых чисел атомные веса на четыре группы соответственно формулам $4n$, $4n+1$, $4n+2$, $4n-1$ (n — целое число), то почти все они попадут в группы $4n$ и $4n-1$ » (1 января 1913 г.); «Если известна правильная последовательность элементов в [радиоактивном] ряду, можно точно вычислить их атомные веса из количества и масс α -частиц» [4, с. 33, 36, 38, 41] (1 января 1913 г.).

Аргументация обоих ученых идентична. Новый вывод Резерфорда — «ядро гелия — очень стабильная конфигурация» — не имеет эквивалента у Ван-ден-Брука.

4. Резерфорд: «Поскольку эксперименты показывают, что ядро имеет очень малые размеры, то образующие его положительные и отрицательные электроны должны быть плотно упакованы. Как показал Лоренц, электрическая масса системы заряженных частиц... зависит от взаимодействия их полей... Упаковка должна быть очень плотной, чтобы образовалось заметное изменение массы, обусловленное этой причиной. Этим, например, можно объяснить тот факт, что масса атома гелия не в точности равна учетверенной массе атома водорода» [110, с. 243].

Это целиком новый и очень важный вывод Резерфорда, опирающийся на теоретические работы Г. Лоренца. Ван-ден-Брук для объяснения отклонений атомных весов от целых чисел пошел по ложному пути — предположил, что в ядре существуют еще меньшие по массе, чем атом водорода, частицы с единичным положительным зарядом.

5. Резерфорд: «Возникает важный вопрос: содержат ли атомные ядра, которые все имеют положительный заряд, отрицательные электроны?.. Кажется обоснованным предположение, что и β -превращения есть следствия выброса отрицательного электрона из ядра» [110, с. 244].

Выше мы показали, что автором такого предположения был Ван-ден-Брук. Однако на него Резерфорд не ссылается, ограничившись упоминанием только Бора, который «на основании радиоактивных данных сделал вывод, что β -частицы большой скорости возникают в ядре» [110, с. 244].

6. Резерфорд: «Представляется невероятным, чтобы электроны внутри ядра вносили вклад в рассеяние [X-лучей], так как они тесно связаны с положительным ядром и должны удерживаться в равновесии силами совершенно иного порядка величины, нежели силы, связывающие внешние электроны» [110, с. 224].

Это еще один новый вывод Резерфорда, который в дальнейшем привел к представлению о ядерных силах.

7. Резерфорд: «Из рассмотрения атомов водорода и гелия, где водород имеет один электрон, а гелий — два, очевидно, что число электронов не может быть всегда точно равно половине атомного веса. Это приводит к интересному предположению, которое высказал Ван-ден-Брук, что число единиц заряда ядра, а следовательно, число внешних электронов должно быть равно номеру места, которое занимает элемент по порядку возрастания атомного веса... Эта точка зрения была принята Бором в его теории строения простых атомов и молекул. Недавно это предположение дважды получило сильное подтверждение...» [110, с. 244—245]. (Резерфорд имел в виду июньскую (1913 г.) работу Содди и эксперименты Мозли.)

Автором этого «предположения» был Ван-ден-Брук, на которого Резерфорд здесь впервые ссылается, причем только на его статью от 1 января 1913 г. Резерфорд впервые (и почти без какой-либо аргументации) отказывается от своего соотношения $Z \approx \frac{1}{2} A$.

Таким образом, из семи впервые обсуждаемых Резер-

фордом теоретических идей и положений пять раньше него обсуждались Ван-ден-Бруком (кроме п. 4 и 6), причем с тремя позициями Ван-ден-Брука Резерфорд согласился целиком (п. 2, 5, 7), а в две внес развитие (п. 1, 3). Целиком Резерфорду принадлежит идея ядерных сил (п. 6). Идея плотной упаковки частиц в ядре и связанная с ней идея неаддитивности атомных масс были инициированы работами Г. Лоренца.

Очевидно, что общее представление о составе ядра из H^+ -атомов и ядерных электронов (после 1920 г. — протон-электронная модель атомного ядра) принадлежит Ван-ден-Бруку. Оригинальные идеи Резерфорда касались уже дальнейшего развития этого представления. Поэтому протон-электронную модель ядра можно с полным правом называть *моделью Ван-ден-Брука — Резерфорда*.

За год с небольшим была получена ценнейшая информация о ядре — величина его положительного заряда и представление о его составе с помощью вспомогательной гипотезы о ядерных электронах. Был открыт путь к ускоренному развитию ядерной физики. Началом этого пути стала работа Ван-ден-Брука от 1 января 1913 г. [4]. Он же стал «виновником» такого быстрого прогресса, заставив даже Резерфорда высказаться по всегда не любимым им теоретическим вопросам. «До тех пор пока ядерная теория не будет более определенно проверена, — писал Резерфорд в мартовской статье 1914 г., явно отдавая предпочтение эксперименту, — преждевременно обсуждать возможное строение самого ядра» [110, с. 243]. Примерно в том же духе он высказывался в 1920 г. [114, с. 313]. Но им же рожденное движение, мощный импульс которому придал в январе и ноябре 1913 г. Ван-ден-Брук, уже нельзя было остановить.

О научных работах Ван-ден-Брука 1914—1923 гг.

Научный портрет Ван-ден-Брука был бы незавершенным, если бы хотя бы вкратце не была раскрыта трагедия, на которую он обрек себя после своего «звездного» 1913 г. События последних девяти лет его жизни еще раз свидетельствуют о глубоком, непреходящем и в полной мере бескорыстном служении истине, что всегда было основным содержанием всего его человеческого существа. Муки научного творчества этих долгих трудных лет не позволяют

поверхностно и легковесно относиться к его творчеству в целом.

Трагедия Ван-ден-Брука состояла в том, что он не остановился на своем открытии, а в течение еще двух лет (1914—1915) довольно частых публикаций пытался пойти дальше и глубже того, что уже сделал. Основанием для этого служили, по его мнению, остающиеся «нерегулярности» в системе Менделеева, а также то, что развиваемая им «сжатая» модель системы элементов поначалу вроде бы давала лучшее согласие с экспериментом. Однако все чаще он стал сталкиваться с обратным, стал убеждаться в том, что по инерции «пробежал» мимо истины. Однако еще большая трагедия ожидала его впереди, когда он занялся разработкой вопросов изотопии. Здесь пока еще слабые возможности эксперимента уже не могли оказать сдерживающего влияния. Поэтому, лишенный опоры, теоретический поиск Ван-ден-Брука был заранее обречен на неудачу; он взялся за решение задачи, время для которой еще не наступило.

В феврале 1914 г. Ван-ден-Брук считал, что внутри атома существуют три «отдельные» области электронов: «периферийные» электроны, включая электроны валентности, «внутренние электроны, дающие, вероятно, характеристическое излучение», и «свободные ядерные электроны. часть которых может выбрасываться как β -лучи» [9]. По его мнению, количество электронов в каждой из этих областей, а также уменьшение скорости α -частиц при прохождении через вещество и энергия излучения при столкновении β -частиц с электронами зависят от номера элемента P в его «сжатой» системе (см. табл. 3, которую он впервые привел в работе [11]).

Примером того, как Ван-ден-Брук использовал свою «сжатую» систему, может служить идея о «внутризарядовых» числах [11].

Еще раньше [7] он выразил мысль, что если ядро представляет собой сгусток α -частиц, то β -частица, испускаемая из ближайшего окружения такого сгустка, должна проходить области всех других электронов и возбуждать излучение, зависящее от заряда внутри воображаемой сферы, которая в каждый момент движения β -частицы будет для нее некоторым эффективным «ядром». В таком случае заряд внутри таких сфер должен последовательно увеличиваться (по мере движения β -частицы) от P (число ядерных электронов) до $A/2$ (общее число электронов в атоме).

Таблица 3. «Сжатая» система элементов А. Ван-ден-Брука
«с периодическими номерами 1—70»

								oH—He
1 Li	2 Be	3 B	4 C	5 N	6 O	7 F	8 Ne	
9 Na	10 Mg	11 Al	12 Si	13 P	14 S	15 Cl	16 Ar	
17 K	18 Ca	19 Sc	20 Ti	21 V	22 Cr	23 Mn	24 (Fe—Co—Ni)	
25 Cu	26 Zn	27 Ga	28 Ge	29 As	30 Se	31 Br	32 Kr	
33 Rb	34 Sr	35 Y	36 Zr	37 Nb	38 Mo	39—	40 (Ru—Rh—Pd)	
41 Ag	42 Cd	43 In	44 Sn	45 Sb	46 Te	47 I	48 Xe	
49 Cs	50 Ba	51 La, etc.	52, etc.	53 Ta	54 W	55—	56 (Os—Ir—Pt)	
57 Au	58 Hg	59 Tl	60 Pb	61 Bi	62—	63—	64 N ₂	
65—	66 Ra	67 Ac	68 Th	69—	70 U _f	71—	72— — —	

В мае 1914 г. на основе данных Резерфорда и Андраде [111] Ван-ден-Брук пытался показать, что частоты мягких γ -лучей RaB «почти равны квадрату (вероятно, всех) целых чисел от периодического числа P до половины атомного веса $A/2$, умноженному на постоянную величину» [11, с. 376]. Аналогичный расчет был им проведен для β -лучевого спектра RaB. Отсюда Ван-ден-Брук сделал вывод, что атом имеет «скорее планетарное» строение с разными радиусами для всех электронов, чем строение по типу планеты Сатурн, при котором электроны считаются распределенными в кольцах. Полученные им целые «внутризарядовые числа» для RaB (^{214}Pb) изменялись от $P=60$ до $A/2=107$. «Нет причин,— писал Ван-ден-Брук,— по которым такого рода структура, хотя и не наблюдаемая из-за отсутствия [полных данных для] γ -излучения, не может принадлежать всем элементам. Возможно, что она не совместима с атомной моделью Бора» [11, с. 377].

В 1915 г. в обзорной работе [16] Ван-ден-Брук выдвинул «второе толкование» атомной модели Резерфорда. Перечислив многочисленные попытки найти расположение электронов внутри атома, Ван-ден-Брук отмечает, что «в большинстве случаев» предполагалось существование нескольких колец электронов в одной плоскости. Сам он склоняется к представлениям Дж. Николсона, согласно которым «окружающие ядро электроны могут быть устойчивыми только в кольцах примерно одинакового размера вокруг общей оси во всегда различных параллельных плоскостях».

Основу построения Ван-ден-Брука составляют симметрично расположенные на общей оси кольца из восьми электронов каждое в соответствии с тем, что периоды в «сжатой» системе содержат восемь элементов. Эти кольца чередуются с одним электроном «на оси или вблизи оси» в соответствии с тем, что в «сжатой» системе есть «лишние» элементы H, He, Co, Ni, Rh, Pd, Ir, Pt (см. табл. 3). Редкоземельные элементы, также «лишние», получаются непрерывным развитием двух колец из восьми электронов и двух электронов, расположенных на оси ближе всего к ядру, в два кольца по 16 электронов каждое (при заряде ядра 72). Начиная с заряда ядра 73, «согласно Бору», «развитие опять будет обычным».

В центре такой электронной системы и на той же оси располагается «ядерное кольцо или ядро с чистым положительным зарядом, соответствующим порядковому номеру». По обеим сторонам «ядерного кольца» в центрах колец из восьми электронов располагаются «нейтральные гелиевые частицы», которые не вносят вклада в общий заряд ядра. При таком строении ядра прирост атомного веса сверх величины, соответствующей удвоенному порядковому номеру, происходит скачками и именно в тех периодически чередующихся местах, где «присоединяются два новых кольца из восьми электронов».

В этой же работе [16] Ван-ден-Брук подтвердил ранее выведенное соотношение [13], довольно хорошо связывавшее постоянные распада λ соответствующих членов трех радиоактивных семейств с их порядковыми номерами M менделеевской системы:

$$\ln [\lambda_{\text{Th}}^2 / (\lambda_{\text{Ra}} \cdot \lambda_{\text{Ac}})] = 3/2 (M - 82).$$

Опираясь на интерпретацию этого соотношения Ф. Линдемманом [94], Ван-ден-Брук предложил считать ответственными за радиоактивный распад «нейтральные гелиевые частицы» ядра. При столкновении таких частиц из атома вылетает α -частица, а бывшие связанными с нею два электрона занимают место, «вероятно, в непосредственной близости от ядра»: либо вылетают из ядра как β -частицы, либо объединяются с α -частицами ядра. Так Ван-ден-Брук представлял себе ядерный атом в 1915 г.

В августе 1916 г. [19] Ван-ден-Брук выдвинул предположение: «прото-кислород может быть составной частью атомов». Основанием для такого предположения послужило то, что «для любых шести порядковых номеров на-

чина с магния средняя разность между атомными весами есть точно 16». Эта разность соответствует испусканию четырех α -частиц и двух β -частиц. Поэтому, по его мнению, радиоактивность может быть объяснена образованием внутри ядра и последующим распадом $\alpha_4\beta_2=\theta$ -частиц, структурно очень похожих на $H_4^+\beta_2=\alpha$ -частицу.

Ни одна из перечисленных идей Ван-ден-Брука в целом не была принята в науке. Например, представление о внутризарядовых числах оказалось неправильным при более точном измерении γ -спектров RaB и других радиоэлементов. Также сразу было ясно, что утверждение о «точной» кратности числу 16 «средней» разности атомных весов элементов, разделенных шестью порядковыми номерами, соблюдается очень приближенно. Идеи о «нейтральных гелиевых частицах» в ядре или картина строения атома и ядра по Ван-ден-Бруку не могли быть сразу проверены. Однако можно выделить несколько частных идей, которые были впервые им выдвинуты и так или иначе развивались в дальнейшем.

Ван-ден-Брук, по-видимому, первым заговорил о нейтральных частицах в ядре, правда «гелиевых», и в связи с ними — о «чисто положительном заряде» ядра. Связь этой идеи с выдвинутыми в 1920 г. У. Харкинсом и Э. Резерфордом гипотезами о нейтроне не установлена. Тем не менее Л. Мейтнер в 1921 г. [97] прямо ссылается на Ван-ден-Брука как автора предположения о $\alpha_4\beta_2=\theta$ -частицах и использует его представления о нейтральных гелиевых частицах в ядрах. В 1921 г. Резерфорд и Чадвик [115] выдвигают предположение о H^+ -ядрах как «спутниках» (сателлитах) центральных ядер, что созвучно со схожим представлением Ван-ден-Брука в отношении нейтральных гелиевых частиц вне центрального ядра. Ван-ден-Брук выполнял очень нужную науке теоретическую обработку экспериментальных данных: пользуясь оригинальным методом представления результатов, выдвигал новые идеи, которые удовлетворяли бы всем этим данным.

Глубокий интерес к проблеме изотопии у Ван-ден-Брука возник, по-видимому, под влиянием прекрасных обзоров К. Фаянса [79] и У. Харкинса и Э. Уилсона [84], а также в процессе работы над статьей [18]. В этой майской статье 1916 г. Ван-ден-Брук предложил метод, в котором, «вероятно, не все безупречно», но который позволял вычислить «изотопы всех без исключения химических элементов».

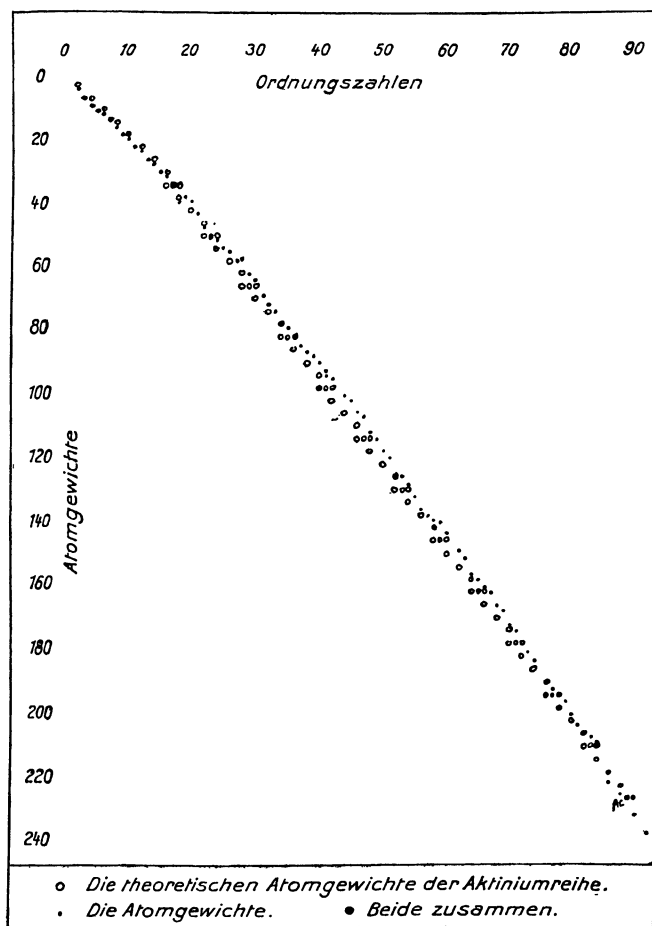
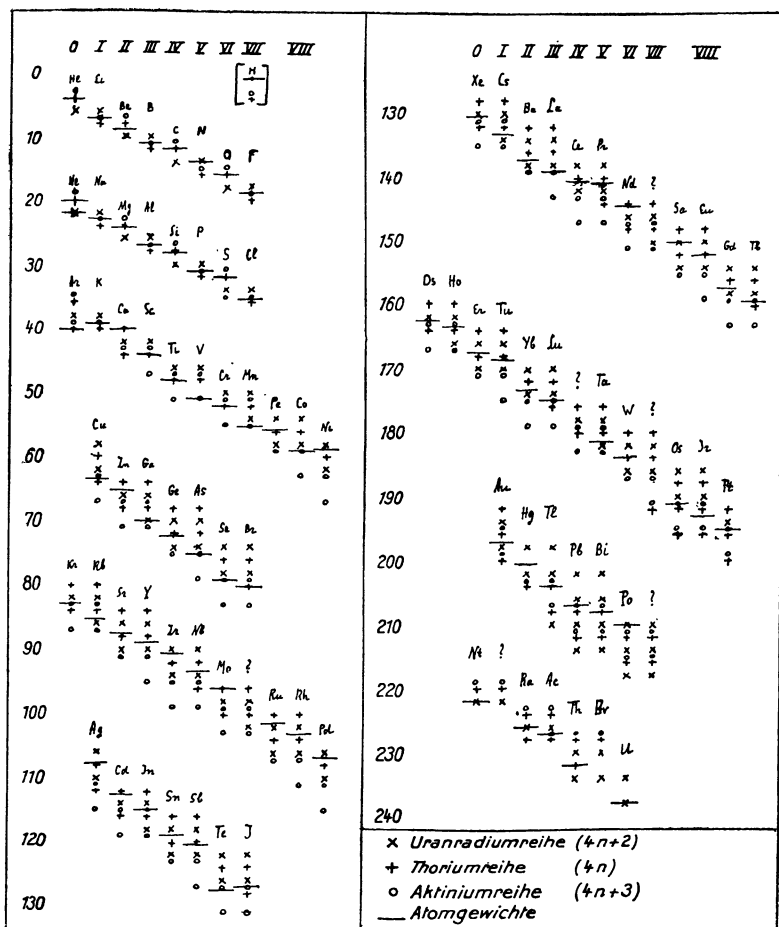


Рис. 16. Первая попытка Ван-ден-Брука предсказать изотопы нерадиоактивных элементов. Июнь 1916 г.

Метод состоял в периодическом повторении распадной схемы радиоактивных ториевого, уран-радиевого и актинового рядов через всю периодическую систему до ее начала. При этом Ван-ден-Брук прибег к упрощению. Он считал, что в ториевом и актиниевом рядах, начиная с радиотория и радиоактиния, «после первичного β -излучения испускаются друг за другом четыре α - и затем две



β -частицы, после чего снова происходит α -излучение». Периодическое повторение «при некоторых разумных предположениях» такой $4\alpha/2\beta$ -схемы распада давало атомные веса изотопов, которые, по мнению Ван-ден-Брука, «удивительным образом» соответствовали кривой изменения атомных весов в системе Менделеева (рис. 16). Он предлагал свою схему для экспериментальной проверки.

Сравнение полученных Ван-ден-Бруком массовых чисел с их современными значениями приводит к следующим выводам: нет ни одного элемента, для которого были бы правильно указаны все изотопы; наибольшее число лиш-

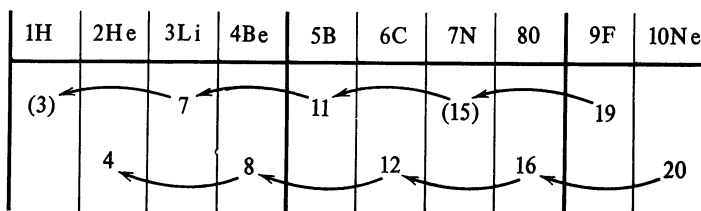
них изотопов предсказано для нечетных (по заряду ядра) элементов; для четных элементов количества лишних и пропущенных изотопов примерно одинаковы. В целом Ван-ден-Брук правильно предсказал только 40% изотопов. Предсказательная способность метода по отношению к отдельным изотопам была равна нулю. Очевидно, что результат был бы тем же самым, если бы он учел и $(4n+1)$ -ряд распада.

Тем не менее работа Ван-ден-Брука была первой реализацией метода генетического продолжения распадных закономерностей на всю периодическую систему с целью нахождения изотопов стабильных элементов. Она положила начало целой серии исследований, продолжавшихся на протяжении без малого 20 лет и связанных с предсказанием стабильных изотопов, в конце концов с выяснением структуры атомного ядра (У. Харкинс, Г. Бек, Г. Бартон, Дж. Бартлетт, Л. Я. Штрум, И. Маттаух).

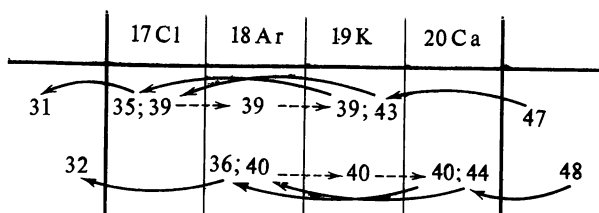
В октябре 1916 г. Ван-ден-Брук написал статью «Общий ряд близнецов атомных видов» [20], посвященную анализу атомных весов элементов с позиций всеобщей изотопии.

Основной постулат Ван-ден-Брука: после обнаружения «метанеона» (атомный вес 22) наряду с обычным неоном (атомный вес 20) каждый элемент имеет несколько изотопов. Исходя из этого, он разбивает все элементы периодической системы последовательно на группы по четыре элемента в каждой. Каждой четверке элементов ставится в соответствие своя «распадная (или разностная) схема», которых оказалось несколько.

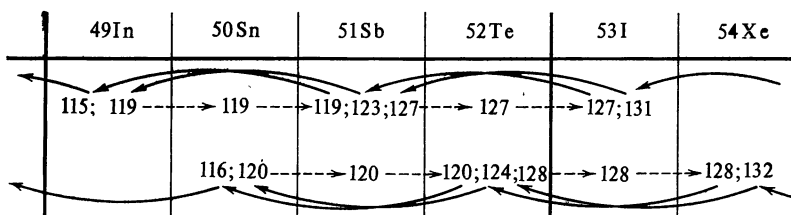
В начале периодической системы до хлора распадная схема проста и соответствует α -распаду (сплошные линии) двух независимых рядов (для H, Be и N атомные веса были изменены):



Далее получалась более усложненная схема (пунктиром обозначены β -распады):



Наконец, вблизи олова, например, получалась еще более сложная схема распада:



Неразработанная до конца идея Ван-ден-Брука представляет собой детализацию предыдущей работы и изложена здесь упрощенно. Очевидно, что она была несовершенной. В частности, в ней не хватало критерия, который ограничивал бы число изотопов элемента, были использованы лишь числа видов $4n$ и $4n+3$. Однако не будем забывать, что она была выдвинута в 1916 г., когда даже идея стабильной изотопии не стала еще фактом науки.

В новой публикации [21] Ван-ден-Брук подходит к поиску стабильных изотопов из следующих основных принципов. Согласно первым определениям Ф. Астона, который «неожиданно подтвердил гипотезу Праута», атомные веса изотопов целочисленны, причем нечетные атомные веса соответствуют нечетным величинам зарядов ядер, а четные — четным. Все изотопы отличаются друг от друга на одну или несколько «ядерных» частиц, к которым относятся α -, β - или H^+ -частицы. Начиная с меди добавление α - и β -частиц происходит так, что соблюдается $4\alpha/2\beta$ -гипотеза: на каждые три единицы порядкового номера последовательно добавляются две α -частицы и одна β -частица. Этим достигается то, что массовые числа изотопов в общем следуют кривой изменения атомных весов в периодической системе. Тогда массовые числа изотопов получаются последовательным добавлением 0, 1, 2 и 3 H^+ -частиц к такому закономерному росту числа α - и

β -частиц. В отличие от предыдущих построений Ван-ден-Брук стал рассматривать четыре ряда распада $4n$, $4n+1$, $4n+2$, $4n+3$. Доля правильных предсказаний (60%) оказалась наилучшей среди всех его попыток.

К концу 1920 г. Ван-ден-Брук, по-видимому, окончательно понял, что, следуя идеям распадных рядов, можно предложить «бесконечное число возможностей», даже если знать границы, внутри которых могут изменяться массовые числа изотопов вблизи атомных весов элементов. Нужно было выдвигать какие-то новые гипотезы.

Выдвинутая Э. Колвейлером идея построения ядер и системы изотопов с помощью $H_2^+\beta$ -частиц [92], им самим предложенная форма представления α -частицы как образования $H_4^+\beta_2$ [7, 8, 19], найденные Резерфордом $H_3^+\beta$ -частица и H^+ -ядра в атоме азота, а также имеющиеся «указания на то, что существуют нейтральные ядерные частицы, масса которых пока неясна», натолкнули Ван-ден-Брука на мысль, что структурными единицами ядра могут быть 14 «начальных частиц», как видно из табл. 4.

Ван-ден-Брук назвал «предварительным» предположение, что в число таких частиц не включены отрицательные и более сложные частицы.

Другая новая идея заключалась в том, что массовые числа, получающиеся в результате округления близких к целочисленным величин атомных весов, также соответствуют изотопам элементов. По мнению Ван-ден-Брука, исключение составляет только бром (атомный вес 79,9), для которого Астон нашел изотопы 79 и 81, представленные в плеяде примерно в одинаковом количестве.

По существу, этими двумя идеями ограничиваются новые предложения Ван-ден-Брука. Выдвинутый им при этом метод расчета массовых чисел стабильных изотопов достаточно сложен и искусствен. Приведем лишь его итоги.

Ван-ден-Брук предсказал около 800 стабильных изотопов (почти в три раза больше существующих) — от 4 для водорода и 7 для гелия до 14 для свинца. Естественно, что такая «всеобщая система изотопов» не могла рассматриваться как предсказательная (доля правильных предсказаний 33%). Это, по-видимому, понимал и сам Ван-ден-Брук, считая ее лишь еще одной попыткой.

В биографической главе о Ван-ден-Бруке уже описывались обстоятельства появления его последней статьи «К проблеме изотопии» [23]. Статья, опубликованная посмертно, осталась незавершенной. Она представляет со-

Таблица 4

$z \backslash M$	1	2	3	4
0	$H^+\beta$	$H_2^+\beta_2$	$H_3^+\beta_3$	$H_4^+\beta_4$
1	H^+	$H_2^+\beta$	$H_3^+\beta_2$	$H_4^+\beta_3$
2		H_2^+	$H_3^+\beta$	$H_4^+\beta_2$
3			H_3^+	$H_4^+\beta$
4				H_4^+

бой черновой набросок идей, записанный к тому же под диктовку женой в тяжелом предчувствии, что «из-за тяжелой болезни более ясное изложение окажется невозможным».

В статье развиваются идеи работы 1916 г. [20]. Ван-ден-Брук считал, что необходимые для отыскания стабильных изотопов распадные схемы, называемые по мере их усложнения «нормальными частями», «политопами» и «интерполитопами», закономерно распределены в периодической системе. Причем в их распределении существенную роль должны играть квадраты четных чисел 36, 64, 100, 144, 196, 256, обозначающие якобы «конечные точки нормальных частей». Свою цель Ван-ден-Брук видел в том, чтобы установить функцию распределения числа изотопов от величины заряда ядра. Следует, видимо, признать, что полностью проследить ход мыслей ученого в статье крайне затруднительно.

Подводя итог работ Ван-ден-Брука в области изотопии, отметим, что он взялся за очень трудную проблему, решение которой было пока недоступно. Как стало ясно позднее, его неоднократные упорные попытки распространить изотопические закономерности радиоэлементов на всю периодическую систему, как и попытки его последователей-профессионалов (Ф. Кирхгоф, Э. Кольвейлер, А. Рассел, С. А. Щукарев), были обречены на неудачу. Изотопы существуют в природе в довольно широком интервале количеств составляющих ядро компонентов, не укладывающихся в какую-либо одну или даже несколько распадных схем. Вместе с тем теоретическая проработка соответствующих идей была несомненной заслугой Ван-ден-Брука, заставляя других исследователей искать новые пути решения проблемы.

Заключение

Научное творчество Антониуса Ван-ден-Брука — довольно уникальное явление в истории науки. Гуманитарий по образованию, он сумел в результате самостоятельных занятий подняться до уровня современных ему знаний и выступать наравне с такими признанными авторитетами, как Резерфорд, Бор, Содди, Мозли. Наиболее важные его научные результаты — теоретическое открытие величин зарядов ядер и развитие первых представлений о составе атомного ядра — «могут составить честь любому физическому, а исходящие от правоведа должны считаться в высшей степени замечательными» (Э. Коэн, Р. Сиссинг, 1923 г.).

Уникален и метод Ван-ден-Брука — выдвижение новых идей, гипотез, расчетов, которые максимально удовлетворяли бы всем самым последним экспериментальным данным. Ван-ден-Брук был своеобразным «генератором идей», далеко выходящих за пределы представлений, общепринятых в науке. Проявлявшаяся при этом смелость, даже дерзость, пожалуй, не имеют себе аналога, по крайней мере в истории ядерной физики. Не менее важна роль Ван-ден-Брука в качестве разработчика идей, уже выдвинутых другими учеными.

Вместе с тем необходимо отметить и отрицательные стороны работ Ван-ден-Брука, пожалуй типичные для непрофессионалов. Речь идет о своего рода ненаучном стиле изложения материала: отсутствие определений вводимых понятий и пояснений к таблицам и рисункам, иногда алогизмы, скачки мысли, нечеткость и даже неоднозначность формулировок. Структура его статей — это последовательность абзацев (и даже предложений-тезисов), как правило очень сжато раскрытых внутренней логикой, домысливать которую предоставлялось читателю. Характерна в этом смысле его последняя статья [23], которая, по-видимому, навсегда останется «вещью в себе» даже для специалистов. Очевидно, Ван-ден-Брук понимал этот недостаток стиля своих работ, так как иногда прибегал к их внутреннему нумерному делению на разделы, но даже при этом стиль внутри разделов оставался тезисным [2, 16]. По-видимому, он мало или совсем не редактировал свои статьи. Все это

не могло не отразиться на восприятии его работ современниками.

В кругу ученых не сложилось какого-либо единого мнения о вкладе Ван-ден-Брука в науку. Их оценки менялись со временем, зависели от обстоятельств, принадлежности к той или иной школе, от степени знакомства с его работами. Среди историков сложились, пожалуй, два взгляда на творчество ученого. Один из них изложен в настоящей книге. Другой, в какой-то мере традиционный, принадлежит Т. Хиросиге и Х. Снелдерсу.

Японский исследователь Т. Хиросиге в 1971 г. писал: «Ван-ден-Брук всегда следил за самой последней научной информацией. Его интересы были сосредоточены на установлении часто поверхностных связей между фактами. Он обычно не обращал должного внимания ни на физическую обоснованность, ни на согласованность своих отдельных попыток в нахождении таких связей. Такого рода позиция во многих случаях превращала его построения в идеи *ad hoc*. Однако в то же время это позволяло ему иногда выдвигать дерзкую гипотезу. Гипотеза атомного номера, можно сказать, является самым успешным случаем его любительской дерзости. Она была предложена... на очень случайной основе, но, будучи опубликованной, дала ясное выражение тому, что физики сознательно или бессознательно готовы были воспринять. Именно по этой причине... она смогла дать значительный импульс развитию атомной физики того времени» [24, с. 160].

Вряд ли можно назвать «поверхностными», например, такие положения: «каждому постоянному заряду в атоме соответствует возможный элемент», обращение Ван-ден-Брука к анализу величин зарядов атомов вместо общепринятого анализа атомных весов, независимое выдвижение гипотезы о порядковом номере и его физическом содержании, гипотеза о «ядерных электронах». Физическая обоснованность идей Ван-ден-Брука следует уже из того, что он стремился согласовать все известные ему последние экспериментальные данные. Он неоднократно подчеркивал это. Другое дело, не всегда легко проследить, в какой момент новая идея подвергалась проверке; для Ван-ден-Брука идея часто приобретала самодовлеющее значение. Анализ показывает, что несогласованность отдельных идей Ван-ден-Брука только кажущаяся. Особенно ярко это видно из эволюции его идей о порядковом номере или в области изотопии. И уж никак нельзя сказать, что гипотеза

о порядковом номере возникла «на очень случайной основе».

Оценка голландского исследователя Х. Снелдерса, отнесящаяся уже к 1975 г., аналогична: «Ван-ден-Брук был хорошо знаком с быстрым развитием атомной физики своего времени. Однако большинству его работ недоставало прочного обоснования. Они основывались в большей или меньшей степени на вычислениях. Вопреки своему любительскому методу он сформулировал свою важную гипотезу и выдвинул интересные идеи о структуре атома» [28, с. 67].

В августе 1975 г. нами были посланы письма Хиросиге и Снелдерсу, в которых давались аргументированные возражения против их оценок. Ответ был получен от Снелдерса, который, в частности, писал: «Причина, по которой я назвал работы Ван-ден-Брука гипотезой, состоит в следующем. Я согласен с Вашими аргументами, т. е. если бы Ван-ден-Брук, основываясь на экспериментальных данных, сформулировал идентичность атомного номера и заряда ядра, то это было бы открытием. Но он пришел к этому путем чистого предположения... [Его гипотеза] относилась к периодической системе, которую он построил, и только в конце 1913 г. — к менделеевской системе. Поэтому... я предпочитаю говорить о гипотезе, а не об открытии. Однако, следуя Вашему способу объяснения, можно говорить и об открытии... Я назвал Ван-ден-Брука физиком-любителем без какого-либо отрицательного смысла... имея в виду, что он не закончил университет... Я не имел в виду, что Ван-ден-Брук не был физиком» [47]. Снелдерс, видимо, не учитывает того, что свою гипотезу Ван-ден-Брук обосновал в январе 1913 г. всеми известными тогда экспериментальными данными о внутриатомных зарядах, так же как в ноябре 1913 г. он обосновал ее для менделеевской системы именно опираясь на экспериментальные данные Гейгера и Марсдена.

Работы Хиросиге и Снелдерса недооценивают значение теоретического открытия Ван-ден-Брука и его творчества, не учитывают специфики теоретического исследования.

В целом следует говорить о праве на существование метода, которым пользовался и который своими результатами утверждал Ван-ден-Брук. Как ни необычны были порой его идеи, они, будучи переосмыслены другими учеными, главным образом Резерфордом, несомненно оказали ускоряющее влияние на развитие ядерной физики. В этом

отношении выдвижение экстраординарных идей, отражающих оригинальный взгляд на вещи, не обремененный установившимися представлениями, просто необходим для полнокровного развития науки, особенно в ее «смутные» периоды.

Закончить книгу нам бы хотелось словами Д. И. Менделеева: «В республике науки все „бароны“ и свободе фантазии не полагается иных пределов, кроме размера журнальных статей да еще чего-то такого, по которому есть сюжеты (например, *perpetuum mobile*), не допускаемые в анналы наук...» [60, с. 444].

Основные даты жизни и творчества А. Ван-ден-Брука

- 1870, 4 мая — В голландском селении Зутермер в семье местного нотариуса родился Антониус Иоганнес Ван-ден-Брук.
- 1889, 26 сентября — Поступил в Лейденский университет на юридическое отделение.
- 1891—1893 — Обучался в Сорбонне (Франция).
- 1895, 22 октября — В Лейденском университете защитил докторскую диссертацию по праву.
- 1895—1902 — Работал адвокатом в нотариальной конторе.
- 1896 — Женится на Элизабет Мауве.
- 1899 — Посещал лекции по праву в Амстердамском университете.
- 1902—1905 — Изучал экономику в Вене и Лейпциге.
- 1907, май — Опубликовал первую научную работу.
- 1911, июнь — Опубликовал вторую научную работу.
июль — Сформулировал идею гипотезы о порядковом номере в отклике на статью Резерфорда.
- 1913, 1 января — Выдвинул на основе обобщения экспериментальных данных научную гипотезу об идентичности величины заряда атомного ядра порядковому номеру элемента в модельной системе элементов, расположенных по мере повышения атомного веса; такая система еще не совпадала с менделеевской системой.
- 27 ноября — Сделал теоретическое открытие величин зарядов атомных ядер элементов в периодической системе Д. И. Менделеева. Провел первое теоретическое доказательство своего открытия и получил важные следствия: отказ от пропорциональности величины заряда ядра атомному весу, гипотеза о «ядерных электронах» и более точная оценка зарядов ядер платины и золота. Написал статью «О ядерных электронах» (опубликована в марте 1914 г.), содержащую еще одно доказательство открытия.
- 25 декабря — Опубликовал статью в ответ на выступления в печати Э. Резерфорда и Ф. Содди.
- 1914, июль — Выступил со статей, содержащей критику «ординалов» И. Ридберга.
- 1915 — Опубликовал обзорную статью «Строение и распад атомов», в которой содержались новые идеи о строении атома и атомного ядра, а также идея о нейтральных компонентах в ядре.
- 1916, май — Осуществил первую попытку предсказать стабильные изотопы. Выдвинул $4\alpha/2\beta$ -гипотезу.
- 1916—1921 — Опубликовал несколько статей по проблеме предсказания стабильных изотопов.
- 1923, май — Избран членом Голландской академии наук (в Гарлеме). Контакты с Г. А. Лоренцом.
- 1926, 25 октября — Скончался в Билтхоувене.
- 1929 — Опубликована последняя статья А. Ван-ден-Брука «К проблеме изотопии».

Литература

Работы А. Ван-ден-Брука

1. Das α -Teilchen und das periodische System der Elemente.— *Ann. Phys.*, 1907, Bd. 23, S. 199—203.
2. Das Mendelejeffsche «kubische» periodische System der Elemente und die Einordnung der Radioelemente in dieses System.— *Phys. Ztschr.*, 1911, Bd. 12, S. 490—497.
3. The number of possible elements and Mendeleeff's «cubic» periodic system.— *Nature*, 1911, vol. 87, p. 78.
4. Die Radioelemente, das periodische System und die Konstitution der Atome.— *Phys. Ztschr.*, 1913, Bd. 14, S. 32—41.
5. A quantitative relation between the range of the α -particles and the number of charges emitted during disintegration.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1913, vol. 25, p. 740—742.
6. Intra-atomic charge.— *Nature*, 1913, vol. 92, p. 372—373.
7. Intra-atomic charge and the structure of the atom.— *Nature*, 1913, vol. 92, p. 476—478.
8. On nuclear electrons — *Phil. Mag.*, ser. 6, 1914, vol. 27, p. 455—467.
9. Atomic models and regions of intra-atomic electrons.— *Nature*, 1914, vol. 93, p. 7—8.
10. The structure of atoms and molecules.— *Nature*, 1914, vol. 93, p. 242—243.
11. β - and γ -Rays and the structure of the atom (internal-charge numbers).— *Nature*, 1914, vol. 93, p. 376—377.
12. Zu dem «Nachtrag zu dem Aufsatz von Dr. K. Fajans: Die Radioelemente und das periodische System».— *Naturwiss.*, 1914. Bd. 2, S. 717.
13. Radio-activity and atomic numbers.— *Nature*, 1914, vol. 93, p. 480.
14. Ordinals or atomic numbers?— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1914, vol. 28, p. 630—632.
15. Röntgenstrahlung und Ordnungszahlen.— *Phys. Ztschr.*, 1914, Bd. 15, S. 894—895.
16. Atombau und Atomzerfall.— In: *Arbeiten aus den Gebieten der Physik, Mathematik, Chemie Julius Elster und Hans Geitel gewidmet*. Braunschweig: F. Vieweg und Sohn, 1915, S. 428—434.
17. A relation between atomic weights and radio-active constants.— *Nature*, 1916, vol. 96, p. 677.
18. Über die Isotopen sämtlicher chemischen Elemente.— *Phys. Ztschr.*, 1916, Bd. 17, S. 260—262.
19. Is proto-oxygen the principal constituent of the atoms?— *Nature*, 1916, vol. 97, p. 479.
20. Eine allgemeine Zwillingsreihe der Atomarten.— *Phys. Ztschr.*, 1916, Bd. 17, S. 579—581.
21. Zur allgemeinen Isotopie.— *Phys. Ztschr.*, 1920, Bd. 21, S. 337—340.
22. Das allgemeine System der Isotopen.— *Phys. Ztschr.*, 1921, Bd. 22, S. 164—170.

23. Zum Problem der Isotopie.— Arch. Neerl. Sci. exact. et nat., ser. IIIA, 1929, Bd. 12, S. 143—146.

Материалы об А. Ван-ден-Бруке

24. *Hirosige T.* The van den Broek hypothesis.— Jap. Stud. Hist. Sci., 1971, N 10, p. 143—162.
25. *Трифонов Д. Н., Кривомазов А. Н., Лисневский Ю. И.* Учение о периодичности и учение о радиоактивности (комментированная хронология важнейших событий). М.: Атомиздат, 1974, с. 84—85.
26. *Snelders H.* Het wetenschappijk werk van de amateur-fysicus A. J. van den Broek (1870—1926).— Nederl. tijdschr. natuurkunde, 1974, Bd. 40, s. 241—244.
27. *Лисневский Ю. И.* Вклад А. Ван-ден-Брука в развитие физической атомистики.— Вопросы истории естествознания и техники, 1975, вып. 4 (49), с. 53—57.
28. *Snelders H.* A bio-bibliography of the Dutch amateur physicist A. J. van den Broek (1870—1926).— Janus, 1975, vol. 61, p. 59—72.
29. *Лисневский Ю. И.* К истории определения зарядов ядер.— В кн.: Труды XVII научной конференции аспирантов и младших научных сотрудников ИИЕТ АН СССР (секция истории учения о периодичности). 1975. Рукоп. деп. в ВИНТИ, деп. № 1836—75, с. 114—126.
30. *Лисневский Ю. И.* Ван-ден-Брук и его открытие.— Природа, 1977, № 1, с. 106—113.
31. *Лисневский Ю. И.* Роль изучения атомных весов в возникновении и становлении ядерной физики: Канд. дис. ... физ.-мат. наук. М.: ИИЕТ АН СССР, 1978, с. 64—135.
32. *Van den Broek A. J.* Stellingen ter verkrijging van den graad van Doctor in de Rechtswetenschap aan de Rijks-universiteit te Leiden. Leiden, 1895. 14 s.
33. Album academicum van het athenaeum illustre en van de Universiteit van Amsterdam. Amsterdam: R. W. P. de Vries, 1913. 480 p.
34. Album Studiosorum Academiae Lugduno—Batavae MDCCCLXXV—MCMXXV. Leiden, 1925, vol. 75. 380 p.
35. Poggendorff's biographisch-literarisches Handwörterbuch, 1923—1931, Bd. 6, S. 338.
36. *Bierens de Haan J. A.* De Hollandsche maatschapij der wetenschappen. 1752—1952. Haarlem, 1952, p. 353.
37. Письмо генерального директора Голландского государственного архива А. Рибберинка директору Института истории естествознания и техники АН СССР чл.-кор. АН СССР С. Р. Микулинскому от 21 января 1974 г.
38. Письмо хранителя Государственного музея истории естественных наук П. Ван-дер-Стара директору Института истории естествознания и техники АН СССР чл.-кор. АН СССР С. Р. Микулинскому от 4 февраля 1974 г.
39. Письмо К. Витсен автору от 9 апреля 1974 г. с приложением авторских оттисков четырех работ А. Ван-ден-Брука и краткой биографической справки о нем.
40. То же, от 29 апреля 1974 г.

41. То же, от 6 июня 1974 г.
42. То же, от 12 декабря 1974 г.
43. То же, от 7 января 1975 г.
44. То же, от 16 января 1975 г.
45. То же, от 17 июля 1975 г.
46. То же, от 12 сентября 1975 г.
47. Письмо Х. Снеддерса автору от 15 сентября 1975 г.
48. Письмо К. Витсен автору от 16 ноября 1975 г.
49. То же, от 12 марта 1977 г.
50. Письмо ассистента-секретаря Голландской академии наук (в Гарлеме) И. Бруйена автору от 7 ноября 1978 г.
- 50а. Письмо К. Витсен автору от 5 января 1979 г.

Дополнительная литература

51. Бор Н. Избранные научные труды. М.: Наука, 1970. Т. 1. 580 с.
52. Бор Н. Избранные научные труды. М.: Наука, 1971. Т. 2. 675 с.
53. Вернадский В. И. Биохимические очерки. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940, с. 99.
54. Вяльцев А. Н. Легчайшие атомные ядра. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 334 с.
55. Вяльцев А. Н., Кривомазов А. Н., Трифонов Д. Н. Правило сдвига и явление изотопии. М.: Атомиздат, 1976. 207 с.
56. Глессстон С. Атом, атомное ядро, атомная энергия. М.: ИЛ, 1961. 648 с.
57. Данин Д. ...Это было сложнее, чем кажется.— В кн.: Резерфорд — ученый и учитель: К столетию со дня рождения. М.: Наука, 1973. 215 с.
58. Ельяшевич М. А. Модель атома Резерфорда и физическая интерпретация периодического закона Д. И. Менделеева.— В кн.: Труды XIII Международного конгресса по истории науки. Секция VI. М.: Изд-во АН СССР, 1974, с. 124.
59. Крукс У. О происхождении химических элементов. М.: Издание книжного магазина А. Ланг, 1886. 39 с.
- 59а. Мельников В. П. Георг Хевеши.— Журн. ВХО им. Д. И. Менделеева, 1975, т. 20, № 6, с. 656—657.
60. Менделеев Д. И. Периодический закон/Под ред. Б. М. Кедрова. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 830 с.
61. Резерфорд Э. Избранные научные труды. Строение атомов и искусственное превращение элементов. М.: Наука, 1972. 532 с.
62. Содди Ф. Радий и строение атома. М.: Госиздат, 1924, с. 236.
63. Старосельская-Никитина О. А. История радиоактивности и возникновения ядерной физики. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 320 с.
64. Труды Бальнеологического института на Кавказских Минеральных Водах. Пятигорск, 1927, с. 7.
65. Barkla Ch. The spectra of the fluorescent Röntgen radiations.— Phil. Mag., ser. 6, 1911, vol. 22, p. 396—412.
66. Bieler E. The large-angle scattering of α -particles by light nuclei.— Proc. Roy. Soc., ser. A, 1924, vol. 105, p. 434—450.
67. Bohr N. On the theory of the decrease of velocity of moving electrified particles on passing through matter.— Phil. Mag., ser. 6, 1913, vol. 25, p. 10—31. Цит. по [51, с. 63—83].
68. Bohr N. On the constitution of atoms and molecules.— Phil. Mag., ser. 6, 1913, vol. 26, p. 1—25.

69. *Bohr N.* On the constitution of atoms and molecules.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1913, vol. 26, p. 476—502. Цит. по [51, с. 107—131].
70. *Bohr N.* Om brintspektret.— *Fys. tidsskr.*, 1914, vol. 12, p. 97—114. Цит. по [51, с. 152—167].
71. *Bohr N.* On the effect of electric and magnetic fields on spectral lines.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1914, vol. 27, p. 506—526. Цит. по [51, с. 169—186].
72. *Bohr N.* Über die Seriespectra der Elemente.— *Ztschr. Phys.*, 1920, Bd. 2, S. 423—469. Цит. по [51, с. 247—284].
73. *Chadwick J.* The charge on the atomic nucleus and the law of force.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1920, vol. 40, p. 734—746.
74. *Darwin Ch.* A theory of the absorption and scattering of the α -rays.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1912, vol. 23, p. 901—920.
75. *Darwin Ch.* The discovery of atomic number.— In: *Niels Bohr and the development of physics. Essays...*/Ed. by W. Pauli. L., 1955, p. 1—11.
76. *Eve A.* Rutherford. Cambridge: Univ. Press, 1939. 494 p.
77. *Fajans K.* Remarques sur le travail «Position des éléments radioactifs dans le système periodique».— *Radium*, 1913, vol. 10, p. 171—174.
78. *Fajans K.* Nachtrag zu dem Aufsatz «Die Radioelemente und das periodische System».— *Naturwiss.*, 1914, Bd. 2, S. 543—544.
79. *Fajans K.* Das periodische System der Elemente, die radioaktiven Umwandlungen und die Struktur der Atome.— *Phys. Ztschr.*, 1915, Bd. 16, S. 456—486.
80. *Fajans K.*, *Henry G. J. Moseley.*— *Naturwiss.*, 1916, Bd. 4, S. 381.
81. *Geiger H.*, *Marsden E.* The laws of deflection of α -particles through large angles.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1913, vol. 25, p. 604—623.
82. *Harkins W.*, *Wilson E.* The changes of mass and weight involved in the formation of complex atoms.— *J. Amer. Chem. Soc.*, 1915, vol. 37, p. 1367—1383.
83. *Harkins W.*, *Wilson E.* The structure of complex atoms. The hydrogen-helium system.— *J. Amer. Chem. Soc.*, 1915, vol. 37, p. 1383—1396.
84. *Harkins W.* Recent work on the structure of the atom.— *J. Amer. Chem. Soc.*, 1915, vol. 37, p. 1396—1421.
85. *Harkins W.*, *Wilson E.* Wechselseitige elektromagnetische Masse und die Struktur der Atome.— *Ztschr. anorg. Chem.*, 1916, Bd. 95, S. 1—19, 20—38.
86. *Heilbron J.* The work of H. G. J. Moseley.— *Isis*, 1966, vol. 57, p. 336—364.
87. *Heilbron J.* The scattering of α - and β -particles and Rutherford's atom.— *Arch. Hist. Ext. Sci.*, 1968, vol. 4, N 4, p. 303.
88. *Hevesy G.* The electrochemistry of radioactive bodies.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1912, vol. 23, p. 628—646.
89. *Hevesy G.* Die Valenz der Radioelemente.— *Phys. Ztschr.*, 1913, Bd. 14, S. 49—62.
90. *Hicks W.* High-frequency spectra and periodic table.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1914, vol. 28, p. 139—142.
91. *Kekule A.* Considerations d'un memoire de M. Stas: sur les lois de proportions chimiques.— *Bull. Acad. Roy. sci., lett. et Blaux-arts Belg.*, 1865, vol. 19, p. 411—420.
92. *Kohlweiller E.* Neuere Anschauungen über die chemischen Elemente und ihre Atome.— *Phys. Ztschr.*, 1920, Bd. 21, S. 203—208, 311—316.

93. *Lankester E., Bohr N., Makower W.* Henry Gwyn Jeffreys Moseley.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1916, vol. 31, p. 173—176.
94. *Lindemann F.* Radioactivity and atomic numbers.— *Nature*, 1914, vol. 93, p. 584.
95. *Lorenz R.* Über «Zwillingselemente».— *Ztschr. anorg. Chem.*, 1896, Bd. 12, S. 329—339.
96. *Malmer I.* The high-frequency spectra of the elements.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1914, vol. 28, p. 787—794.
97. *Meitner L.* Über die verschiedenen Arten des radioaktiven Zerfalls und die Möglichkeit ihrer Deutung aus der Kernstruktur.— *Ztschr. Phys.*, 1921, Bd. 4, S. 146—156.
98. *Moseley H.* The high-frequency spectra of the elements. Pt I.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1913, vol. 26, p. 1024—1034.
99. *Moseley H.* Atomic models and X-ray spectra.— *Nature*, 1914, vol. 92, p. 554.
100. *Moseley H.* The high-frequency spectra of the elements. Pt II.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1914, vol. 27, p. 703—713.
101. *Newlands J.* On the discovery of the periodic law and on relations among the atomic weights. L.: Charing Cross, 1884. 39 p.
102. *Nicholson J.* A structural theory of the chemical elements.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1911, vol. 22, p. 864—889.
103. *Nisio S.* α -Rays and the atomic nucleus.— *Jap. Stud. Hist. Sci.*, 1965, vol. 4, p. 91—116.
104. *Nature*, 1911, Apr. 6, vol. 86, p. 201.
105. *Nature*, 1913, Nov. 13, vol. 92, p. 332.
106. *Romer A.* The discovery of radioactivity and transmutation. N. Y., 1964. 420 p.
107. *Rutherford E.* The scattering of α - and β -particles by matter and the structure of the atom.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1911, vol. 21, p. 669—688. Цит. по [61, c. 207—234].
108. *Rutherford E.* Radioactive substances and their radiation. London; Edinburgh, 1912. 520 p.
109. *Rutherford E.* The structure of the atom.— *Nature*, 1913, vol. 92, p. 423.
110. *Rutherford E.* The structure of the atom.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1914, vol. 27, p. 488—498. Цит. по [61, c. 238—246].
111. *Rutherford E., Andrade E.* The wave-length of the soft γ -rays from radium B.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1914, vol. 27, p. 854—868.
112. *Rutherford E.* Henry Gwyn Jeffreys Moseley.— *Nature*, 1915, vol. 96, p. 33—34.
113. *Rutherford E. H. G. J. Moseley.* 1887—1915.— *Proc. Roy. Soc.*, 1916, vol. 93, p. XXII—XXVIII.
114. *Rutherford E.* Nuclear constitution of atoms.— *Proc. Roy. Soc.*, ser. A, 1920, vol. 97, p. 374—400. Цит. по [61, c. 292—316].
115. *Rutherford E., Chadwick J.* The artificial disintegration of light elements.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1921, vol. 42, p. 809—825.
116. *Rutherford E.* Moseley's work on X-rays.— *Nature*, 1925, vol. 116, p. 316—317.
117. *Rutherford E., Chadwick J.* Scattering of α -particles by atomic nuclei and the law of force.— *Phil. Mag.*, ser. 6, 1925, vol. 50, p. 889. Цит. по [61, c. 391—409].
118. *Rutherford E.* The periodic law and its interpretation.— *J. Chem. Soc.*, 1934, vol. 1, p. 635—641.
119. *Rydberg J.* Die Gesetze der Atomgewichtszahlen.— *Bihang till Kgl. Sven. Vet.—Akad. Handl.*, 1886, Bd. 11, N 13, S. 1—18.

120. *Rydberg J.* Studien über die Atomgewichtszahlen.— Ztschr. anorg. Chem., 1897, Bd. 14, S. 66—102.
121. *Rydberg J.* Elektron, der erste Grundstoff. Lund, 1906.
122. *Rydberg J.* Untersuchungen über das System der Grundstoffe.— Lunds Univ. Arsskrift, 1913, N. F., Afd. 2, Bd. 9, N 18. 41 S.
123. *Rydberg J.* The ordinals of the elements and the high-frequency spectra.— Phil. Mag., ser. 6, 1914, vol. 28, p. 144—149.
124. *Sarton G.* Moseley, the numbering of the elements.— Isis, 1927, vol. 39, p. 258.
125. *Siegbahn M., Frimen E.* On the high-frequency spectra of the elements gold-uranium.— Phil. Mag., ser. 6, 1916, vol. 31, p. 403—406.
126. *Smeaton W.* Moseley and the numbering of the elements.— Chem. Brit., 1965, vol. 1, p. 353—355.
127. *Soddy F.* Die Radioelemente und das periodische Gesetz.— Jahrb. Radiaktiv. Elektron., 1913, Bd. 10, S. 188—197.
128. *Soddy F.* Intra-atomic charge.— Nature, 1913, vol. 92, p. 399—400.
129. *Soddy F.* The structure of the atom.— Nature, 1913, vol. 92, p. 452.
130. *Prout W.*— Ann. Phil., 1815, vol. 6, p. 321—330; 1816, vol. 7, p. 111—113. См. также: Успехи химии, 1940. Т. IX, вып. 2—3, с. 285—303.
131. *Wulf Th.* Über die Radioaktivität als allgemeine Eigenschaft der Körper.— Phys. Ztschr., 1911, Bd. 12, S. 497—500.

Указатель имен

- Азаерт Г. (Asaert G.) 38
 Андраде Э. (Andrade E. N. da C.) 108, 109, 135
 Астон Ф. (Aston F.) 43, 141, 142
 Баева Г. М. 39
 Базаров А. И. 49
 Баркла Ч. (Barkla Ch.) 43, 71—74, 81, 82, 84, 86, 91, 104, 105, 108, 126
 Бартлетт Дж. (Bartlett J.) 140
 Бартон Г. (Barton H.) 140
 Бек Г. (Beck G.) 140
 Беккерель А. (Becquerel H.) 46, 47
 Белоусов В. О. 44
 Березнев А. 39
 Берцелиус Я. (Berzelius J.) 48
 Биелер Э. (Bieler E.) 110
 Бор Н. (Bohr N.) 5, 10, 11, 42, 43, 58, 75, 76, 85—87, 89, 90, 99, 102, 103, 106, 112—119, 121, 122, 124—129, 132, 135, 136, 144
 Бруейн И. де (Bruijn J. de) 14
 Брэгг У. (Bragg W.) 43, 71
 Бруннер-Ван-ден-Брук Л. фон (Brunner-van den Broek L. von) 14
 Валкер Дж. (Walker J.) 43
 Ван-Гог В. (van Gogh V.) 17
 Ван-ден-Брук-Мауве Э. (van den Broek-Mauve E.) 17, 21, 28, 29, 31, 33
 Ван-дер-Стар П. (van der Star P.) 14, 31
 Ван-Дусбург С. (van Doesburgh S.) 16
 Ван-Еден Ф. (van Eeden F.) 18
 Ван-Рес (van Rees) 18
 Ван-Спронсен И. (van Spronsen J.) 14, 31
 Велсбах А. фон (Welsbach A. von) 67, 100
 Вермаас К. (Vermaas K.) 14
 Вернадский В. И. 12, 113
 Витсен-Ван-ден-Брук К. Ф. (Witsen-van den Broek C. F.) 7, 14, 18, 21, 23, 25, 31—33, 37
 Вуд Р. (Wood R.) 14, 43
 Вулф Т. (Wulf Th.) 49, 50, 80
 Гейгер Г. (Geiger H.) 10, 43, 72, 87, 91, 93, 94, 100, 110, 115, 119, 124, 126, 129, 146
 Гейскамп В. (Huiskamp V.) 14, 31, 32
 Глазер Ф. (Glaser F.) 19
 Глестон С. (Glasstone S.) 121
 Гранпрé-Мольер-Ван-ден-Брук А. (Granpré Molière-van den Broek A.) 14
 Грунцель И. (Grunzel J.) 19
 Дальтон Дж. (Dalton J.) 5
 Данин Д. С. 115, 116
 Дарвин Ч. (Darwin Ch.) 12, 43, 75, 119, 120, 129
 Ельяшевич М. А. 13, 14, 34, 35
 Енч К. (Jentsch C.) 19
 Зигбан М. (Siegbahn M.) 109
 Зомбарт В. (Sombart W.) 19
 Зоммерфельд А. (Sommerfeld A.) 26
 Карский Е. Ф. 39

- Кекуле А. (Kekule A.) 49
 Кирхгоф Ф. (Kirchhof F.) 143
 Кларк Ф. (Clarke F.) 48
 Колвейлер Э. (Kohlweiler E.) 142, 143
 Кончин Е. 39
 Костер Д. (Coster D.) 42
 Коэн Э. (Cohen E.) 25, 26, 32, 144
 Крамерс Г. (Kramers H.) 28, 30, 34
 Кривомазов А. Н. 97, 116
 Кроузер Дж. (Crowther J.) 82, 104, 108
 Крукс У. (Crookes W.) 49
 Кэмпбелл Н. (Campbell N.) 43

 Ланкестер Э. (Lankester E.) 112
 Лауэ М. (Laue M.) 26
 Ливермор У. (Livermore W.) 49
 Линдеманн Ф. (Lindemann F.) 136
 Лодж О. (Lodge O.) 43
 Лоренц Г. (Lorentz H.) 13, 20, 26—29, 31—35, 131—133
 Лоренц Р. (Lorenz R.) 49, 50

 Маковер У. (Makower W.) 112
 Маллет Дж. (Mallet J.) 48
 Малмер И. (Malmer I.) 42, 109
 Мариньяк Ж. (Marignac J.) 48
 Марсден Э. (Marsden E.) 10, 43, 87, 91, 93, 94, 100, 108, 110, 115, 119, 124, 126, 129, 146
 Маттаух И. (Mattauch I.) 140
 Мауве А. (Mauve A.) 17
 Мейтнер Л. (Meitner L.) 137
 Менгер К. (Menger K.) 18
 Менделеев Д. И. 5, 8, 10, 25, 47, 52—58, 60, 61, 65, 70, 73, 85, 88, 91, 93, 95, 97, 100, 101, 104, 109, 114, 120, 126, 134, 139, 147
 Микулинский С. Р. 14, 32
 Мозли Г. (Moseley H.) 8—12, 41, 43, 58, 82, 85—87, 89, 94, 99, 101—103, 105—113, 118, 120—122, 124—127, 132, 144
 Николсон Дж. (Nicholson J.) 14, 72, 135
 Никольский С. А. 49
 Нисио С. (Nisio S.) 72
 Нордман Ч. (Nordman Ch.) 23
 Нуи Ф. (Nuy F.) 15, 21
 Ньюлендс Дж. (Newlands J.) 50—52, 57, 74, 99
 Нэттол Дж. (Nuttall J.) 108

 Оже П. (Auger P.) 110

 Панова Р. Х. 44
 Перрен Ж. (Perrin J.) 110
 Пеш Г. (Pesch H.) 19
 Планк М. (Plank M.) 24
 Праут У. (Prout W.) 11, 48, 60, 61, 69, 123, 127, 141

 Рассел А. (Russel A.) 143
 Резерфорд Э. (Rutherford E.) 5, 6, 10, 11, 41—43, 57, 58, 60, 61, 65, 71—75, 81, 82, 84, 86, 87, 89—91, 93, 94, 96—103, 108—126, 128—133, 135, 137, 142, 144, 146
 Рибберинк А. (Ribberink A.) 14, 31
 Ридберг И. (Rudberg J.) 24, 48—50, 52—58, 74, 88, 99, 108, 109, 118, 124
 Ричардсон О. (Richardson O.) 43
 Ромер А. (Romer A.) 121
 Рошер Г. (Roscher H.) 38

 Сартон Г. (Sarton G.) 121
 Сиссинг Р. (Sissingh R.) 25, 26, 32, 144
 Сметон У. (Smeaton W.) 121
 Смук (Smook) 37, 38
 Снелдерс Х. (Snelders H.) 12—14, 20, 31, 32, 145, 146

- Содди Ф. (Soddy F.) 10, 12, 43,
 58, 78, 88—90, 94, 96—101, 103,
 112, 114, 121, 126, 127, 129, 132,
 144
 Стас Ж. (Stas J.) 48
 Стретт Р. (Strutt R.) 48
 Толстой Л. Н. 17
 Томсон Дж. Дж. (Thomson J. J.)
 5, 43, 82—84, 104, 130
 Уиддингтон Р. (Widdington R.)
 101
 Уилсон Г. (Wilson H.) 82, 104
 Уилсон Э. (Wilson E.) 137
 Усен К. (Oseen C. W.) 86
 Фаянс К. (Fajans K.) 10, 78, 88,
 90, 96, 98, 100, 112, 121, 137
 Филиппских В. Б. 39
 Флек А. (Fleck A.) 126
 Форст О. (Forst O.) 20, 36—39,
 45
 Фридрихович Э. (Fridrichowitz
 E.) 19
 Фримен Э. (Frimen E.) 109
 Хаан И. де (Haan J. de) 14
 Харкинс У. (Harkins W.) 127,
 137, 140
 Хевеши Г. (Hevesy D.) 78, 114—
 116, 118, 124, 125
 Хейлброн Дж. (Heilbron J.) 72,
 106, 121
 Хикс У. (Hicks W.) 109
 Хиросиге Т. (Hirosige T.) 12, 30,
 145, 146
 Чадвик Дж. (Chadwick J.) 110,
 119, 137
 Шерман К. Г. 39
 Шобер Г. (Schober H.) 19
 Штрум Л. Я. 140
 Щукарев С. А. 143

Оглавление

От редактора (Д. Н. Трифонов)	5
Введение	10
Жизнь Антониуса Ван-ден-Брука	15
Поиски архивных материалов о Ван-ден-Бруке	29
Место научных исследований А. Ван-ден-Брука и предшественники ученого	46
Научное творчество Антониуса Ван-ден-Брука	58
Теоретическое открытие величин зарядов атомных ядер	60
Дальнейшее подтверждение открытия	105
Теоретическое открытие А. Ван-ден-Брука и экспериментальное открытие Г. Мозли	111
А. Ван-ден-Брук и возникновение первых представлений о строении атомного ядра	122
О научных работах Ван-ден-Брука 1914—1923 гг.	133
Заключение	144
Основные даты жизни и творчества А. Ван-ден-Брука	148
Литература	149
Указатель имен	155

Юрий Иванович Лисневский
Антониус Ван-ден-Брук
(1870—1926)

Утверждено к печати
редколлегией Научно-биографической серии
Академии наук СССР

Редактор **Е. Н. Кумпаненко**
Редактор издательства **Е. М. Кляус**
Художественный редактор **Н. А. Фильчагина**
Технический редактор **Э. Л. Кунина**
Корректор **Е. Н. Белоусова**

ИБ № 18449

Сдано в набор 29.12.80
Подписано к печати 27.02.81
Т-04144. Формат 84×108¹/₃₂
Бумага типографская № 2
Гарнитура обыкновенная
Печать высокая
Усл. печ. л. 8,61. Уч.-изд. л. 9,0
Тираж 17200 экз. Тип. зак. 38
Цена 55 коп.

Издательство «Наука»
117864 ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90
2-я типография издательства «Наука»
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА:

Чистяков Н. С., Смолин Р. П.

ЛЕОНИД ВАСИЛЬЕВИЧ КИРЕНСКИЙ (1909—1969)

10 л. 65 к.

Книга посвящена жизни, научной, научно-организационной и общественной деятельности советского ученого, физико-магнитолога, основателя и первого директора Института физики СО АН СССР, депутата Верховного Совета СССР, Героя Социалистического Труда академика Леонида Васильевича Киренского. В работе освещены наиболее важные исследования ученого в области магнетизма и физики магнитных пленок, показана большая научно-организационная деятельность Л. В. Киренского, направленная на становление и развитие академической науки в Сибири.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

Заказы просим направлять по адресу: Москва В-164, Мичуринский проспект 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига»: Ленинград П-110, Петрозаводская ул. 7, магазин «Книга — почтой» Северо-Западной конторы «Академкнига» или в ближайший магазин «Академкнига».

Адреса магазинов «Академкнига»:

480391 Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97; 370005 Баку, ул. Джапаридзе, 13; 320005 Днепропетровск, проспект Гагарина, 24; 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95; 375009 Ереван, ул. Туманяна, 31; 664033 Иркутск 33, ул. Лермонтова, 303; 252030 Киев, ул. Ленина, 42; 277012 Кишинев, ул. Пушкина, 31; 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2; 192104 Ленинград Д-120, Литейный проспект, 57; 199164 Ленинград, Менделеевская линия, 1; 199004 Ленинград, 9 линия, 16; 103009 Москва, ул. Горького, 8; 117312 Москва, ул. Вавилова, 55/7; 630076 Новосибирск, Красный проспект, 51; 630090 Новосибирск, Академгородок, Морской проспект, 22; 700029 Ташкент, Л-29, ул. Ленина, 73; 700100 Ташкент, ул. Шота Руставели, 43; 634050 Томск, наб. реки Ушайки, 18; 450075 Уфа, Коммунистическая ул., 49; 450075 Уфа, проспект Октября, 129; 720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42; 310003 Харьков, Уфимский пер., 4/6.



Ю. И. Лисневский

**Антониус
ВАН-ДЕН-БРУК**



ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА:

Ожигова Е. П.

ШАРЛЬ ЭРМИТ.

14 л. 45 к.

Книга посвящена жизни и деятельности крупнейшего французского математика второй половины XIX в. Шарля Эрмита, с именем которого связаны многие понятия и методы современной математики. Наибольшую известность принесли ученому его доказательства трансцендентности числа e — основания неперовых логарифмов, решение общего уравнения пятой степени с помощью эллиптических функций и исследования модулярных функций. Эрмит обладал удивительным талантом преподавателя, поддерживал тесные связи с математиками разных стран. Тесная дружба связывала его с П. Л. Чебышевым и его школой.

Книга предназначена для историков математики, математиков, а также преподавателей вузов и студентов.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазина «Книга — почтой» «Академкнига»:

480091 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97

370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13

734001 Душанбе, проспект Ленина, 95

252030 Киев, ул. Пирогова, 4

443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2

197110 Ленинград, П-110, Петрозаводская ул., 7-А

117192 Москва, В-192, Мичуринский проспект, 12

630090 Новосибирск, 90, Морской проспект, 22

620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137

700029 Ташкент, Л-29, ул. К. Маркса, 28

450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10

720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42

310003 Харьков, Уфимский пер., 4/6

Цена 55 коп.