

# **Нильс Бор и развитие физики**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 53  
ББК 22.3  
Н66

Н66 Нильс Бор и развитие физики / – М.: Книга по Требованию, 2013. – 260 с.

**ISBN 978-5-458-34352-7**

7 октября 1955 г. исполнилось 70 лет великому датскому физика Нильсу Бору. Ученики Бора, те, кому посчастливилось работать с ним в период создания квантовой физики, подготовили к печати сборник статей в честь этого юбилея. Восстанавливая для читателя интереснейшие страницы истории физики, эти статьи раскрывают перед ним также и современные проблемы физики. Тематика статей сборника отражает широту интересов Н. Бора—от квантовой теории поля и проблемы деления и устойчивости ядер до теории электронов в металлах...Перевод выполнен А. И. Базем, Л. Д. Пузиковым и А. А. Сазыкиным.

**ISBN 978-5-458-34352-7**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

[www.samizday.ru/reprint](http://www.samizday.ru/reprint)



## ОТ РЕДАКТОРА ПЕРЕВОДА

7 октября 1955 г. исполнилось 70 лет великому датскому физику Нильсу Бору. Ученики Бора, те, кому посчастливилось работать с ним в период создания квантовой физики, подготовили к печати сборник статей в честь этого юбилея.

Восстанавливая для читателя интереснейшие страницы истории физики, эти статьи раскрывают перед ним также и современные проблемы физики. Тематика статей сборника отражает широту интересов Н. Бора — от квантовой теории поля и проблемы деления и устойчивости ядер до теории электронов в металлах.

Сейчас мы переживаем один из самых бурных периодов развития физики, когда сложные проблемы строения вещества и особенно выяснение вопроса о природе элементарных частиц приобрели особую остроту. Решение этих проблем перестает казаться делом отдаленного будущего. В этот период полезно критически пересмотреть основы существующей теории с разных точек зрения. Настоящая книга дает в этом смысле богатый материал для читателя, так как в ней отражены взгляды ряда крупных физиков на некоторые принципиальные вопросы современной физической теории.

Статьи написаны несколько лет назад; многое с тех пор подверглось изменению: развитие науки идет сейчас очень быстро. Существенные изменения произошли, например, в теории сверхпроводимости; крупные успехи достигнуты и в теории элементарных частиц, где новые идеи Гейзенберга могут сильно изменить взгляды, существовавшие в период составления сборника. Однако мы решили не вносить в сборник какие-либо исправления или комментарии — их было бы слишком много и они нарушили бы стиль книги; тем более что этот сборник рассчитан на читателя, знакомого с современным состоянием вопроса.

В сборнике, посвященном принципиальным вопросам современной физики, неминуемо затрагиваются и методологические вопросы. Следует отметить, что не все положения авторов можно принимать безоговорочно. Особенно спорна в этом отношении статья Гейзенберга. Так как Гейзенберг не всегда точно излагает взгляды физиков, с которыми он полемизирует, читателю полезно ознакомиться с их оригинальными работами. Высказывания Гейзенберга по основам квантовой механики много раз обсуждались в нашей печати; в настоящей статье автор ничего нового в защиту своих представлений не добавляет.

Мы думаем, что настоящий сборник будет с интересом встречен советским читателем.

Перевод выполнен А. И. Базем, Л. Д. Пузиковым и А. А. Сазыкиным.

*Я. Смородинский.*

## ПРЕДИСЛОВИЕ К АНГЛИЙСКОМУ ИЗДАНИЮ

Этот юбилейный сборник подготовлен в связи с 70-летием Нильса Бора и является данью тем чувствам восхищения и благодарности, которые мы к нему испытываем. В помещенных здесь статьях, каждая из которых написана одним из молодых или старых сотрудников и друзей Бора из разных стран, воспроизведены некоторые аспекты тех основных проблем физики, которыми Бор наиболее глубоко занимался. При таком принципе составления сборника известная произвольность в отборе материала, разумеется, неизбежна. К сожалению, в тематике сборника имеются пробелы, которые еще раз заставляют нас со скорбью вспомнить преждевременно ушедших друзей. Все же статьи в своей совокупности дают довольно связный обзор наиболее существенных направлений развития атомной и ядерной физики. Такой результат совсем неудивителен для всех работающих в этой области и особенно для тех, кто работал под руководством Бора, пользуется его советами и горячее желание которых — еще многие годы принимать участие в совместных исследованиях.

*Редакторы,*



## ОТКРЫТИЕ АТОМНОГО НОМЕРА

*Ч. Дарвин (Кембридж)*

Первые 30 лет нашего века, несомненно, будут расцениваться как вторая героическая эпоха в теоретической физике, соперничающая с великой эпохой Ньютона, если не превосходящая ее. Этот сборник представляет собой дань почета одному из героев второй эпохи, и подходящим введением к нему может послужить мой краткий рассказ о некоторых событиях ранней стадии этого периода, в которых Бор принимал особенно большое участие. Речь пойдет об открытиях, сделанных в Манчестере примерно с 1912 по 1914 г. — значительную часть этого времени Бор провел там.

Некоторые из великих открытий, продвинувших науку, можно назвать „легкими“, однако не в смысле того, что их легко было сделать, а в том смысле, что, когда они совершены, их легко понять каждому. Они могут завоевать всеобщее признание без дальнейших доказательств, и, чтобы постичь их, не требуется какого-либо глубокого или коренного пересмотра процессов мышления. Примером „легкого“ открытия в первой героической эпохе является открытие Коперником того факта, что Земля не является центром Вселенной. Коль скоро это утверждение было высказано, следствия из него оказались настолько простыми и понятными, что можно было уже творить, не оглядываясь на предшествовавший период. Иной ученый — но, конечно, не историк науки — мог даже позволить себе забыть о существовании Коперника. Однако, с другой стороны, законы механики и гравитации Ньютона не обладают этим свойством „легкости“; поэтому тот, кто хотел овладеть механикой, не мог позволить себе забыть о Ньюtone. Во второй героической эпохе положение примерно аналогично. Механике Ньютона здесь соответствуют великие открытия атомной механики и квантовой теории, которые также требуют в большой мере

специальных знаний и в основе которых лежит то, что я назвал „легким“ открытием, — открытие атомного номера. Лишь только оно было сделано, едва ли понадобилось кому-нибудь оглядываться на период до него — опять-таки исключая историков науки. Дальнейшие статьи этой книги будут посвящены огромным успехам атомной динамики, достигнутым с начала двадцатого столетия; поэтому рассказ об открытии атомного номера (включая и открытие изотопов), сделанный очевидцем того, что именно послужило отправным пунктом этого открытия, будет подходящим введением к этой теме.

Редко бывает, чтобы научное открытие оказалось чем-то совершенно неожиданным, почти всегда оно предчувствуется; однако последующим поколениям, которые пользуются апробированными ответами на все вопросы, часто нелегко оценить, каких трудностей это стоило их предшественникам. Вопрос обычно бывает запутан противоречивыми рассуждениями, каждое из которых вызывает, казалось бы, серьезные возражения, и в период перед открытием чрезвычайно трудно решить, какими из этих возражений можно пренебречь, а какие из них существенны. Немалое число трудностей, с которыми приходится сталкиваться в такой период, связано с тем, что можно назвать человеческим масштабом времени, который требует, чтобы человек формировал свои основные представления в возрасте от 20 до 30 лет. Хотя в последующие годы такой человек и может приспособиться к новым идеям и даже сам внести немаловажный вклад, однако он ощущает большее сопротивление по отношению ко всему новому, потому что обычно оно кажется ему внутренне более трудным, чем старое. Научная литература полна тому примерами. Так, никто не смог бы отрицать того, что Релей шел в ногу с научным прогрессом почти до конца своей жизни, и все же в одной из его работ [1], относящихся к 1899 г., содержится совершенно удивительное утверждение. Двадцатью восемью годами ранее он написал свою первую знаменитую работу о цвете неба, где использовал еще широко принятую в то время упругую теорию света. В 1899 г. он снова рассмотрел этот вопрос и опять использовал упругую теорию света, но теперь просто для сопоставления этой работы с предыдущей. Релей понимал, что для рассматриваемой им задачи упругая теория так же хороша, как элек-

ромагнитная, и что для соответствия с последней понадобились бы лишь тривиальные изменения. Но, введя эти изменения, Релей говорил: „В электрической теории, которая предпочтительнее с любой точки зрения, исключая легкость понимания...“ Нашел бы кто-нибудь еще, даже выросший вместе с научным поколением, которое следовало за поколением Релея, упругую теорию такой же понятной, как электромагнитная? Имея в виду соображения такого рода, важно принимать во внимание умоностроение ученого в периоды, предшествующие любому великому открытию.

Надо сказать, что в период перед открытием радиоактивности отмечалось более чем прохладное отношение к атомной теории. Тогда не было еще той абсолютной уверенности в ее справедливости, которая пришла позже; действительно, во многих учебниках по химии в девятнадцатом и даже в начале двадцатого столетия проявлялась тенденция излагать теорию Дальтона почти с извинениями, отмечая ее как в высшей степени правдоподобную и удобную, но весьма недостоверную гипотезу. Химики мало верили в атомы; правда, лишь немногие из них заходили так далеко, как например Оствальд, который даже в 1900 г. утверждал, что закон действующих масс можно объяснять, вообще не опираясь на существование атомов. Физики девятнадцатого столетия в большинстве своем сходились на другой позиции — они допускали существование атомов, но не очень интересовались ими. Так, изучение Фарадеем электролиза дало подтверждение гипотезе о существовании атомов электричества, причем настолько же убедительное и не менее ценное, чем свидетельство Дальтона в пользу обычных атомов, и все же никто не придал этому серьезного значения. Любопытное в этом отношении замечание можно прочесть в книге Максвелла по электричеству, написанной в 1873 г. Конечно, никто не мог бы заподозрить Максвелла в нежелании верить в атомы, и все же после объяснения законов Фарадея он пишет [2]: „Крайне неправдоподобно, что в будущем, когда мы придем к пониманию истинной природы электролиза, мы сохраним в какой-либо форме теорию молекулярных зарядов, ибо тогда мы уже будем иметь надежную основу для построения истинной теории электрических токов и станем таким образом независимыми от этих преходящих гипотез“.

Дело в том, что в то время и долгое время спустя атомная теория, несмотря на многообещающий начальный толчок, данный ей Максвеллом, считалась относительно маловажной отраслью физической науки. Под влиянием Фарадея, да и самого Максвелла интересы сосредоточивались на изучении электрического поля, которое ученые сделали очень реальным, введя понятие о силовых линиях. Такие представления (особенно, вероятно, в Англии) преобладали в мыслях физиков. Они оказали, конечно, значительное влияние на важные разделы физики; так, изучение механики эфира и попытки примирить выводы теории с наблюдаемой аберрацией звезд в конечном счете помогли прийти к теории относительности. Но после успешных открытий Максвелла по теории газов, особенно после предсказания и проверки законов вязкости, кажется удивительным, как мало внимания обращала основная масса физиков на этот раздел науки. Признавалось, что Гиббс и Больцман осуществили важную работу, но большинство ученых очень удивилось бы, если бы им сказали, что статистическая теория впоследствии станет центральной дисциплиной в физике.

Одной из причин, снизивших интерес к атомам, могла быть неопределенность знаний относительно их размеров и числа в единице объема. Возможно, нелогично, что эта причина имела такие последствия, но для человека как такового это очень естественно. Первую до некоторой степени надежную оценку сделал Максвелл, используя свою теорию вязкости. Он вычислил, что в  $1 \text{ см}^3$  газа содержится  $19 \cdot 10^{18}$  молекул [3], что можно сравнить с известным ныне значением  $27 \cdot 10^{18}$  молекул в  $1 \text{ см}^3$ . Если иметь в виду довольно специальный характер сделанных им в теории вязкости предположений об атомных столкновениях, это значение было удивительно хорошим. Релей в цитированной выше работе о цвете неба подтвердил значение, вычисленное Максвеллом, и гарантировал, что оно не может быть меньше половины приведенного, поскольку в противном случае воздух не был бы таким прозрачным, каким он на самом деле является. Однако точность этого значения еще нельзя было считать хорошей. С открытием рентгеновских лучей и радиоактивности начался атомный век. Ожидались гораздо лучшие значения, однако в действительности самые первые из них были еще далеки от полученных

в настоящее время. Первые такие данные содержались в работе Таунсенда, находившегося тогда в Кембридже; его метод заключался в измерении скорости падения капель жидкости (хотя еще не капель в камере Вильсона). Таунсенд должен был проделать также другие тонкие измерения, и, к слову сказать, удивительно, что его работа дала такое хорошее значение заряда электрона — оно было меньше теперешнего лишь на 40%. Позднее в Кембридже для этой цели использовалась камера Вильсона, в которой капли образовывались только на отрицательных ионах; в 1910 г. эта методика была несколько усовершенствована Миллиkenом. В его работе также был получен ответ, заниженный примерно на 40%. Можно привести только одно исключительно хорошее значение до полученного в работе Миллиkenа, которое было вычислено Планком [4] из своей радиационной формулы. Он подставил экспериментальные результаты в формулу и получил таким образом постоянные  $h$  и  $k$ , а из  $k$  нашел величину заряда электрона, равную  $4,69 \cdot 10^{-10}$  в единицах CGSE. Это поразительно хорошее значение; однако нужно было видеть, с какой настороженностью оно принималось, ибо трудно кому бы то ни было полностью уверовать в одну из двух постоянных в формуле, где вторая совершенно неизвестна и таинственна.

В период, непосредственно предшествовавший открытию атомного числа, были предложены две важные гипотезы. Первая — идея о существовании изотопов, — высказанная Содди [5]. Он и другие исследователи не сумели отделить ионий от тория никакими химическими способами и высказали предположение об их абсолютной неразделимости химическим путем. В то время к такого рода предположению могли, конечно, отнестись осторожно, поскольку не так уж много времени прошло с тех пор, как последние редкоземельные элементы были тщательным образом отделены друг от друга. Поэтому не верилось, что более совершенными методами нельзя будет разделить радиоактивные элементы. Однако против этого имелось сильное возражение — большинство из радиоактивных элементов расположено в периодической таблице вблизи инертных газов, а свойства элементов в этой части таблицы довольно легко предсказываются, поэтому элементы здесь должны были бы легко отделяться один от другого. Кроме того, в этой части периодической таблицы

нет клеток для лишних элементов, и потому существование радиоактивных изотопов пришлось признать весьма вероятным. Конечно, в дальнейшем необходимо было пытаться предположить существование изотопов у неактивных элементов, но большинство химиков категорически отвергло эту возможность на том основании, что многие в высшей степени точные работы неизменно давали одно и то же значение для каждого атомного веса; если хлору, полученному из какого угодно источника, всегда соответствовало значение 35,46, это означало, по их мнению, что приведенное число должно быть весом любого атома хлора.

Второе предположение, которое привело к идее атомного числа, содержалось в работе Дж. Дж. Томсона [6] о числе электронов в атоме. Когда Томсон нашел, что масса электрона очень мала, то его привлекла гипотеза (в большой степени благодаря его же более ранним теоретическим исследованиям), что масса является чисто электромагнитным явлением: электрон — это просто электрическое поле, окружающее какое-то лишенное массы образование. Высказывались мнения, по которым всю массу следовало свести к электромагнитной, однако это противоречило закону распределения внутри атома положительных зарядов, наличие которых необходимо для нейтрализации электронов. Томсон сделал предположение о распределенном положительном заряде; это было сделано отчасти из-за того, что лишь в этом случае у атома были бы определенные размеры; однако заряженное тело, имеющее размеры атома, в этом случае практически не обладало бы электромагнитной массой. Не очень ясно, что тогда об этом думали. В работах некоторых авторов того времени содержался намек, что атом должен быть обязан своей массой находящимся в нем электронам; но в таком случае атом водорода состоял бы из 1800 электронов. Это неправдоподобное утверждение всерьез никем не принималось.

Томсон попытался непосредственно оценить число электронов в атоме. Он использовал три метода и получил заведомо грубые результаты, которые показывали, что это число должно быть пропорционально атомному весу и по величине быть несколько меньше его. Первая оценка основывалась на работе Баркла по рассеянию рентгеновских лучей, вторая — на рассеянии  $\beta$ -лучей при прохождении через газы, а третья — на теории оптической рефракции.