

Лукирский Петр Иванович

Нейтрон

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
ПЗ0

ПЗ0 **Петр Иванович Л.**
Нейтрон / Лукирский Петр Иванович – М.: Книга по Требованию, 2022. –
225 с.

ISBN 978-5-519-94058-0

ISBN 978-5-519-94058-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2022

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2022

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 первозданном 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

ПРЕДИСЛОВИЕ.

„Рождение“ нейтрона относится к 1932 году.

В журнале „Nature“ от 27 февраля появилась статья Чадвика, где впервые были указаны несомненные признаки существования нейтронов. И хотя прошло всего лишь два с небольшим года, открытие нейтронов привело к таким глубоким последствиям, что нам представляется желательным и возможным подведение первых итогов.

Многое еще неясно, многое—противоречиво, многое еще не установлено, многое—впереди. Но некоторые контуры уже вырисовываются. Очертить их, просистематизировать результаты горячей работы двух последних лет и является задачей этой книги.

М. И. Корсунский

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Предисловие	5
Введение	7
<i>Глава I. Возникновение нейтронов</i>	<i>11</i>
§ 1. Открытие нейтронов	11
§ 2. Методы обнаружения нейтронов	19
§ 3. Возбуждение нейтронов	30
§ 4. Выход нейтронов	37
§ 5. Распределение нейтронов по углу	48
§ 6. γ -лучи, возникающие при возбуждении нейтронов .	50
§ 7. Скоростной спектр нейтронов	53
§ 8. Схемы ядерных превращений, приводящих к образованию нейтронов, и масса нейтрона	68
<i>Глава II. Взаимодействие нейтронов с веществом</i>	<i>89</i>
§ 1. Общие явления, происходящие при прохождении тяжелых частиц через вещество	89
§ 2. Взаимодействие нейтронов с электронами	90
§ 3. Взаимодействие нейтронов с протонами	93
§ 4. Поглощение нейтронов различными веществами . .	103
§ 5. Захват нейтрона ядром	110
§ 6. Рассеяние нейтронов	126
§ 7. Зависимость поглощения нейтронов от их скорости	130
§ 8. Теория прохождения нейтронов через вещество . . .	142
<i>Глава III. Нейтрон в атомном ядре</i>	<i>154</i>
§ 1. Атомное ядро до открытия нейтронов	154
§ 2. Дефект массы ядер, построенных из нейтронов и протонов	158
§ 3. Силы взаимодействия между протоном и нейтроном	163
§ 4. Устойчивость атомных ядер	170
§ 5. Строение атомных ядер	181
§ 6. Магнитный и механический моменты ядер	186
<i>Глава IV. Природа нейтрона</i>	<i>197</i>
Литература	214

ВВЕДЕНИЕ.

Открытие существования нейтронов замечательнейшим образом завершает одно из удивительных творений человечества—периодическую систему элементов. Построенная Менделеевым путем некоторых обобщений и сопоставлений свойств известных в то время элементов и их атомных весов, периодическая система в действительности располагает все элементы в порядке возрастания величины заряда их атомных ядер. Сейчас, по прошествии почти 70 лет со времени построения этой системы, мы не знаем ни одного пропуска в этом последовательном ряде элементов. Все, чего не хватало в свое время Менделееву, найдено. Установлено существование и двух, остававшихся „неизвестными“ до последнего времени, элементов 85 и 87—„вирджиния“ и „аллабамия“.

Менделеевская система выглядит законченной, и если в отношении этой системы и встанут какие-нибудь вопросы, то это вопросы, относящиеся либо к началу ее, либо к ее концу. Заканчивается ли система Менделеева на уране? Правильно ли мы поступаем, начиная эту систему с водорода—элемента, заряд ядра которого равен единице?

Что касается верхней границы периодической системы, то представляется несомненным ее существование, хотя быть уверенным в том, что последним элементом является именно уран, у нас конечно нет никаких оснований. Возможность существования некоторого числа еще не открытых элементов за ураном допускается многими исследователями. Можно указать здесь на открытие (пока

еще не подтвержденное дальнейшими исследованиями) 93-го элемента—родоначальника актиния.

Иначе несколько стоит вопрос в отношении начала периодической системы. Казалось, что здесь мы можем быть более уверенными и определенными.

В самом деле, сейчас мы рассматриваем атомы всех элементов построенными из положительно заряженного ядра и электронов, число которых определяется величиной заряда ядра. Заряды ядра и электронов полностью компенсируют друг друга, и атом нам представляется как нейтральная система электрических зарядов. А priori кажется несомненным, что простейшей такой системой является система, состоящая из ядра, обладающего зарядом равным единице, и одного электрона, а такую систему, как мы знаем, и представляет атом водорода, первый из элементов таблицы Менделеева. Более простой может быть только система, не содержащая вовсе электрических зарядов. Действительное существование такой системы казалось маловероятным, по крайней мере, непривычным. Электрическая природа вещества представлялась несомненной. Электрические силы взаимодействия являлись единственным типом сил, действующих в микроскопическом мире (гравитационные силы не играют в атомной физике никакой роли, так как сравнительно с электрическими они малы). Поэтому естественным было начинать таблицу Менделеева с водорода.

Однако в 1920 г. Резерфордом²⁾ и, независимо от него, Гаркинсом¹⁾ была высказана мысль, что возможно существование элемента, долженствующего стоять в таблице Менделеева ранее водорода—элемента с зарядом ядра, равным нулю. Ядро этого „нулевого элемента“, представляющее вместе с тем и атом его, мыслилось Резерфордом в виде тесной комбинации ядра атома водорода с электроном. Атом водорода, сжатый до линей-

ных размеров 10^{-12} — 10^{-13} см, — вот грубая модель ядра нулевого элемента.

Если бы „нулевой элемент“ действительно существовал, то он обладал бы весьма удивительными свойствами. Эти свойства во многом схожи со свойствами „невидимки“—обнаружить существование нулевого элемента трудно. Нулевой элемент—прототип благородных газов. В химическом отношении он должен быть инертен. Оказать на него воздействие имеющимися в нашем распоряжении электрическими и магнитными силами мы не сможем, так как электрическое поле нулевого элемента было бы сконцентрировано в небольшом пространстве размером 10^{-12} — 10^{-13} см. Взаимодействие ядер нулевого элемента с электронами и ядрами обычных атомов происходило бы лишь только при очень тесном их сближении. „Непроницаемость“ атомов, обусловленная взаимным отталкиванием их электронных оболочек, здесь не имела бы места. Ядрам нулевого элемента атом „представлялся“ бы не сплошным, а в виде решетки с очень большими ячейками, через которые они (ядра нулевого элемента) могли бы проникать свободно. Собранный в какой-нибудь сосуд, нулевой элемент в течение короткого времени покинул бы его, пройдя через его стенки.

Единственно наблюдаемым действием нулевого элемента было бы прямое столкновение его ядер с ядрами обычных элементов.

В 1921 г. Глассоном³⁾ была предпринята попытка обнаружить образование ядер нулевого элемента. Казалось, что если таковые существуют, то их образование может иметь место во время разряда в атмосфере водорода. Здесь в довольно большом количестве имеются свободные протоны и электроны, и могло происходить их соединение в ядра нулевого элемента.

Однако результат опытов Глассона оказался отрица-

тельным. Заметить образование ядер нулевого элемента не удалось.

Если к этому прибавить, что как квантовая теория, так и волновая механика не допускают возможности состояния для электрона, предположенного Резерфордом, то представлялось несомненным, что атом водорода есть простейшая система и что таблица Менделеева должна начинаться с водорода.

Поэтому открытие Чадвиком частиц, названных им „нейтронами“ и по своим свойствам, тождественным ядрам нулевого элемента, оказалось весьма неожиданным.

ГЛАВА 1.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ НЕЙТРОНОВ.

1. Открытие нейтронов.

Открытию нейтронов предшествовало обнаружение проникающего излучения, возникающего при бомбардировке α -частицами некоторых легких элементов. Существование такого излучения было впервые установлено Ботэ и Беккером ⁴⁾. Особенно интенсивное излучение возникает при бомбардировке бериллия.

Опыты Ботэ и Беккера производились в следующих условиях: источник α (рис. 1), представляющий собой серебряную пластинку с осажденным на нее полонием, помещался вблизи пластинки M из исследуемого вещества.

Серебро в качестве подкладки для полония было выбрано благодаря тому, что освещение серебра α -лучами полония, как показали предварительные опыты, не давало никакого заметного эффекта. Появление жесткого излучения регистрировалось с помощью счетчика Гейгера-Мюллера G . Для изучения поглощения радиации, возникающей при освещении α -лучами полония, между исследуемым веществом M и счетчиком G помещался фильтр из свинца, толщиной в несколько сантиметров.

Результаты этих простых, но весьма важных опытов представлены в табл. 1.

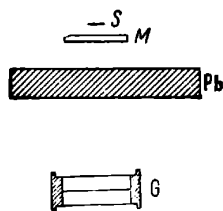


Рис. 1. Схема опыта Ботэ и Беккера.

ТАБЛИЦА 1.

Вещество	Число допол- нит. отбросов	Относительное число отбросов
Li_2CO_3 . . .	$3,7 \pm 1,1$	$1,0 \pm 0,3$
Li	$17,2 \pm 1,4$	$4,7 \pm 0,4$
Be	$125 \pm 2,5$	$34 \pm 0,7$
B	$15,3 \pm 1,0$	$4,2 \pm 0,3$
C	$0,54 \pm 0,74$	$0,15 \pm 0,20$
$(\text{CN})_x$	$0,78 \pm 0,82$	$0,21 \pm 0,22$
сахар	$-0,12 \pm 0,92$	$-0,03 \pm 0,20$
CaF_2	$7,5 \pm 1,6$	$1,9 \pm 0,4$
Ne	$0,1 \pm 1,6$	$0,03 \pm 0,42$
Na_2CO_3 . . .	$1,8 \pm 1,5$	$0,45 \pm 0,4$
Mg	$3,6 \pm 0,7$	$1,0 \pm 0,2$
Al	$4,7 \pm 0,8$	$1,3 \pm 0,2$
Ca	$0,37 \pm 1,7$	$0,1 \pm 0,48$
Ag	$0,11 \pm 1,0$	$0,03 \pm 0,27$

В первой колонке этой таблицы указаны вещества, подвергавшиеся бомбардировке α -частиц, во второй колонке — число дополнительных отбросов в счетчике за 5 мин., отнесенное к источнику силой в 1 милликюри. Из данных этой таблицы следует, что при освещении некоторых элементов — Be, Li, B, α -лучами полония возникает излучение, свободно проходящее через несколько сантиметров свинца. Исследование поглощаемости излучения от бериллия показало, что при прохождении через 2 см свинца оно теряет только 13% своей интенсивности.

Из известных нам различных типов лучей свойством проходить через значительные толщи свинца обладают γ -лучи. Поэтому естественно было предположить, что излучение, зарегистрированное в работах Ботэ и Беккера, представляет γ -лучи. В третьей колонке табл. 1 указано относительное число γ -квант. По величине коэффициента ослабления (поглощения) можно определить энергию этих лучей. Тщательное измерение коэффициента поглощения с учетом всех поправок было произведено Вебстером ⁷⁾. Величина кванта лучей, испускаемых берил-

лием, оказалась, по данным Вебстера, равной $7 \times 10^6 \text{ eV}$. Образование такого жесткого излучения могло явиться результатом захвата α -частицы ядром бериллия. Избыток энергии, возникающий в результате этого захвата, и выделяется полностью или частично в форме γ -лучей.

Проверить однако правильность этого предположения нельзя было, так как атомный вес бериллия не был точно известен. Все же это предположение казалось весьма правдоподобным, ибо достаточно надежно было известно, что при освещении бериллия α -лучами возникновения протонов не наблюдается. Энергия же γ -лучей, хотя и значительная, соответствовала в общем по порядку величины значениям энергии γ -излучения радиоактивных элементов.

Однако детальное исследование свойств этого излучения привело к обнаружению поразительных фактов. Именно Кюри и Жолио ^{5,6)} установили, что если в ионизационную камеру, с помощью которой производилось измерение энергии этого излучения, ввести парафин или другие вещества, содержащие водород, то наблюдается резкое увеличение ионизационного тока, достигающее почти двухкратного значения. Это увеличение ионизационного тока было истолковано Кюри и Жолио как результат дополнительной ионизации, возникающей благодаря появлению в ионизационной камере протонов с сравнительно большой кинетической энергией. В дальнейшем возникновение быстрых протонов было подтверждено и прямыми опытами. Пролет этих протонов в направлении действующих лучей в воздухе, при нормальных условиях, достигает 25 см. Появление таких протонов было приписано Комптон-эффекту исследуемой радиации на ядрах водорода. Именно вследствие взаимодействия кванта с протоном последний приходил в движение, забирая часть энергии кванта. Так как ионизирующая способность протонов много больше, чем иони-

зующая способность жестких γ -лучей, то их появление в камере, даже в небольшом числе, создавало заметный эффект по сравнению с первичным действием самих γ -лучей.

Таким образом быстрые протоны суть атомы отдачи. Измерив их пробег, мы сможем определить их скорость. Зная скорость протонов, летящих в каком-нибудь известном по отношению к γ -лучам направлении, например в направлении γ -лучей, мы можем, пользуясь соответственной формулой Комpton-эффекта $E = \frac{2}{2 + \frac{mc^2}{h\nu}} h\nu$, оп-

ределить энергию γ -лучей. Согласно измерениям Кюри и Жолио^{21,22)}, пробег протонов, возникающих при действии „бериллиевого“ излучения, равен 26 см воздуха, что соответствует скорости $3 \cdot 10^8$ см/сек. Подсчет энергии γ -излучения на основе этих данных привел к неожиданной цифре. Энергия γ -излучения, испускаемого бериллием при освещении его α -лучами полония, оказывается равной 55×10^6 eV. Это значение энергии кванта находится в решительном противоречии с результатами опытов Вебстера и кроме того делает затруднительным понимание механизма возникновения такого излучения, так как невозможно предположить какое-либо ядерное превращение бериллия происходящим с захватом или без захвата α -частицы, которое привело бы к освобождению из ядра такого огромного количества энергии.

Дальнейшее исследование этого эффекта было произведено Чадвиком^{18,21)} в азоте и аргоне. Результаты опытов получились еще более странными. Оказалось что и в азоте, и в аргоне при прохождении через них радиации от бериллия наблюдается появление частиц с большой кинетической энергией. Траектуя их так же, как атомы отдачи, мы можем по их скорости вновь определить энергию γ -лучей. Пробег атомов отдачи