

В.А. Бородовский

Поглощение бета-лучей радия

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 52
ББК 22.6
В11

В11 **В.А. Бородовский**
Поглощение бета-лучей радия / В.А. Бородовский – М.: Книга по Требованию, 2024. –
210 с.

ISBN 978-5-458-60281-5

ISBN 978-5-458-60281-5

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

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.

Предисловіе.

Выполненіемъ настоящаго труда я обязанъ многимъ лицамъ и учрежденіямъ. Экспериментальная часть труда выполнена отчасти въ Кембриджѣ — въ лабораторіи Кэвендиша, директоромъ которой состоитъ Джонъ Джузефъ Томсонъ, отчасти въ Манчестерѣ въ физической лабораторіи профессора Эрнеста Рудзерфорда. Со стороны этихъ лицъ мнѣ — иностранцу — былъ оказанъ самый радушный пріемъ: въ мое распоряженіе были предоставлены цѣнные препараты радія, и за счетъ лабораторіи выписывались нѣкоторыя органическія вещества, иногда очень цѣнные, служившія для цѣлей изслѣдованій. Безъ этой существенной поддержки врядъ-ли можно было бы осуществить задуманные передъ тѣмъ опыты по поглощенію электроновъ; считаю первымъ своимъ долгомъ открыто засвидѣтельствовать свою глубокую благодарность Джону Джузефу Томсону и Эрнесту Рудзерфорду.

Постановленіями Физико-математическаго Факультета Императорскаго Юрьевскаго Университета и Правленія того же Университета было достигнуто то, что мое сочиненіе было напечатано въ „Ученыхъ Запискахъ Императорскаго Юрьевскаго Университета“: Факультетъ постановилъ напечатать текстъ работы, а Правленіе Университета взяло на себя часть расходовъ по печатанію клише къ этой работѣ, — обоимъ

корпораціямъ Факультета и Правленія считаю своей обязанностью принести свою благодарность.

Выражаю свою благодарность Редактору „Ученыхъ Записокъ“, профессору Димитрію Николаевичу Кудрявскому за его добрыя совѣты касательно печатанія этой работы. Главному библіотекарю Фундаментальной библіотеки Александру Тимофеевичу Расторгуеву я обязанъ нѣкоторыми льготами въ пользованіи новѣйшими журналами; пользуюсь пріятнымъ случаемъ выразить ему свою благодарность.

Глава I.

Вступленіе.

§ 1. Первоначально предполагалось озаглавить настоящее сочиненіе такимъ образомъ: „поглощеніе бѣта лучей радія растворами и жидкостями“. Исходной точкой, съ которой мы начали изслѣдованіе о поглощеніи, были растворы; и основными пунктами были вопросы: измѣняется-ли характеръ поглощенія бѣта-лучей въ зависимости отъ концентраціи? Можетъ быть, степень диссоціаціи имѣетъ свое вліяніе на поглощеніе бѣта-частицъ?

Существуетъ-ли разница въ характерѣ поглощенія въ растворахъ электролитовъ и неэлектролитовъ? Эти вопросы относятся къ теоріи растворовъ и составляютъ одну изъ важныхъ, еще не вполне разъясненныхъ, главъ физико-химіи. Но по мѣрѣ того, какъ наши опыты все яснѣе и яснѣе убѣждали насъ въ томъ, что поглощеніе бѣта-лучей въ растворахъ носитъ характеръ аддитивности, мы постепенно перенесли свой интересъ на самыя бѣта частицы (электроны), на процессъ ихъ прохожденія черезъ матерію и особенно черезъ химическіе элементы.

Въ такомъ случаѣ пришлось изслѣдованіе вопроса расширить новыми опытами съ порошковатыми тѣлами, и присоединить новыя главы объ атомномъ поглощеніи бѣта лучей химическими элементами. Отсюда въ окончательномъ видѣ настоящему труду и было придано такое заглавіе: „поглощеніе бѣта лучей радія“.

При пользованіи терминологіей мы вообще старались употреблять термины, установленные въ научной литературѣ; бѣта лучи радіоактивныхъ тѣлъ являются частнымъ случаемъ освобожденія электроновъ изъ матеріи подъ вліяніемъ тѣхъ или другихъ причинъ, только скорости ихъ полета существенно отличаютъ электроны изъ радіоактивныхъ тѣлъ отъ таковыхъ же электроновъ изъ катодныхъ лучей, изъ накаливаемыхъ окисей щелочныхъ земель, изъ металлическихъ пластинокъ подъ вліяніемъ ультра-фіолетоваго свѣта и т. д. Въ опытахъ съ бѣта лучами радія трудно удержаться отъ соотвѣтственныхъ обобщеній относительно поведенія другихъ электроновъ, и тогда установленный терминъ „бѣта лучи“ мы иногда замѣняли терминомъ „электроны“.

§ 2. Еще и до сихъ поръ удѣлено очень мало вниманія вопросу о поглощеніи электроновъ жидкими тѣлами. Твердые тѣла или точнѣе металлы были тѣмъ главнымъ матеріаломъ, на которомъ изучались явленія прохожденія и катодныхъ лучей и всякаго рода лучей изъ радіоактивныхъ тѣлъ. Въ послѣднее время было удѣлено нѣсколько вниманія и газамъ. Брэггъ и Климанъ изучали поглощеніе α -лучей радіоактивныхъ тѣлъ въ газахъ; Стрѣттъ распространилъ эти изслѣдованія на β -лучи радія; наконецъ и Шмидтъ въ послѣднее время далъ нѣсколько опытовъ, относящихся къ поглощенію β -лучей урана X въ парахъ брома и въ газобразныхъ окислахъ азота¹⁾.

Поглощеніе лучей радіоактивныхъ тѣлъ жидкостями оставалось внѣ вниманія. И это вполне понятно. Трудность полученія тонкихъ и въ то же самое время параллельныхъ жидкихъ слоевъ останавливала изслѣдователей на самыхъ же первыхъ шагахъ ихъ работы.

Норманъ Кэмпбэлль²⁾ сдѣлалъ первую попытку опредѣлить поглощеніе β -лучей урана жидкими тѣлами, въ частности растворами. Избранный имъ методъ полученія жидкихъ слоевъ былъ далеко не безукоризненнымъ. Онъ пропитывалъ фильтровальную бумагу изслѣдуемымъ растворомъ соли и, наложивъ влажные фильтры одинъ на другой, из-

1) Phys. Zeit. 1909, Декабрь, 945.

2) Normann Campbell, Phil. Mag., [6], 1909, XVII, 180.

учалъ поглощеніе β -лучей урана тѣми слоями жидкости, которые находились въ бумагѣ. Ясно, что указанному автору приходилось вводить поправки на поглощеніе бѣта лучей урана сухими фильтрами, что вліяло на точность результатовъ. Но и кромѣ того, неравномѣрность слоевъ самой фильтровальной бумаги, испареніе растворителя во время наблюденія, — все это создавало такія условія, что трудно было добиться какихъ-нибудь опредѣленныхъ взглядовъ на процессы поглощенія β -лучей урана жидкими тѣлами. Тѣмъ не менѣе указанный авторъ даетъ нѣсколько числовыхъ данныхъ и рядъ таблицъ, въ которыхъ онъ думаетъ найти подтвержденіе того взгляда, что коэффициентъ поглощенія β -лучей (λ) какимъ-нибудь растворомъ не представляетъ собой средней арифметической величины изъ коэффициентовъ поглощенія чистаго растворителя и растворимой соли. По нашему мнѣнію, опытные данныя Норманна Кэмпбелла не даютъ ему права сдѣлать какой-нибудь опредѣленный выводъ относительно поглощенія бѣта-лучей урана растворами.

§ 3. Взгляды предыдущаго автора стоятъ въ полномъ противорѣчій со взглядами Краузера¹⁾. Въ лабораторіи Кэвендиша Краузеръ произвелъ рядъ изслѣдованій, относящихся къ поглощенію бѣта лучей урана твердыми химическими соединеніями и элементами, взятыми или въ видѣ тонкихъ листовъ или въ видѣ порошка. Въ результатѣ этихъ изслѣдованій оказалось, что коэффициентъ поглощенія бѣта лучей какимъ-нибудь соединеніемъ равенъ суммѣ коэффициентовъ поглощенія, принадлежащихъ въ отдѣльности каждому элементу этого соединенія. Отсюда ясно, что общій коэффициентъ поглощенія легко вычислить, если будутъ даны коэффициенты поглощенія элементами, входящими въ данное соединеніе.

Это свойство аддитивности матеріи по отношенію къ поглощенію бѣта лучей, доказанное на химическихъ соединеніяхъ можно было бы распространить и на растворы; въ такомъ случаѣ въ растворахъ поглощеніе бѣта лучей должно равняться суммѣ поглощеній растворителемъ и раствореннымъ тѣломъ.

Какъ мы видѣли выше, Кэмпбелль объясняетъ резуль-

1) J. A. Crowther, Phil. Mag. [6], 1906, XII, 379.

таты своихъ опытовъ такъ, что приходится допустить, что въ растворахъ аддитивное свойство поглощенія бѣта лучей теряетъ свою силу.

§ 4. Съ точки зрѣнія существующихъ взглядовъ на растворы трудно себѣ объяснить эти отступленія, если только они существуютъ.

Если мы представимъ себѣ дѣло такъ, какъ это представляетъ гидратная теорія, что растворы суть непрочныя комбинаціи растворимаго тѣла съ растворителемъ, тогда поглощеніе электроновъ будетъ зависѣть только отъ количества вещества, находящагося на пути летящаго электрона; а эта масса зависитъ отъ концентраціи раствора и отъ его плотности, — слѣдовательно, поглощеніе сложными молекулами раствора должно быть равно суммѣ поглощеній чистымъ растворителемъ и растворимымъ тѣломъ, находящимися на пути летящихъ электроновъ. Иными словами, съ точки зрѣнія гидратной теоріи аддитивное свойство поглощенія должно сохранять свою силу и для растворовъ.

Если же мы будемъ смотрѣть на растворы съ точки зрѣнія теоріи электролитической диссоціаціи, т. е. такъ, что растворитель расщепляетъ часть химическихъ молекулъ на іоны, изъ которыхъ одинъ несетъ на себѣ зарядъ $+$, а другой $-$, тогда на первый взглядъ допустимо предположеніе, что поглощеніе электроновъ будетъ зависѣть не только отъ абсолютнаго числа іоновъ, но и отъ электрическаго состоянія поля вокругъ этихъ іоновъ. Бѣта лучи, несущіе на себѣ зарядъ отрицательнаго электричества, будутъ сильнѣе поглощаться въ положительномъ электрическомъ полѣ и отталкиваться въ отрицательномъ.

Если бы это предположеніе было вѣрно, тогда поглощеніе электроновъ растворами электролитовъ различалось бы отъ такового же поглощенія въ растворахъ неэлектролитовъ; и далѣе, поглощеніе растворами разбавленными („при безконечномъ разбавленіи“) было бы опять таки инымъ, чѣмъ растворами концентрированными, такъ какъ въ тѣхъ и другихъ степенъ диссоціаціи различна. Можетъ быть, для электроновъ съ малыми скоростями указанное предположеніе о вліяніи диссоціированныхъ іоновъ на величину поглощенія имѣло бы нѣкоторое значеніе. Въ большинствѣ же случаевъ электроны радиоактивныхъ тѣлъ обладаютъ большими

скоростями, равными почти одной трети скорости свѣта, а это обстоятельство значительно понижаетъ вѣроятность предыдущаго предположенія о вліяніи электрическаго состоянія среды на величину поглощенія. Силы притяженія или отталкиванія электрона въ электрическомъ полѣ едва-ли достаточны для того, чтобы заставить самый электронъ, несущійся съ громадной скоростью, измѣнить первоначальное направленіе своего движенія.

Съ точки зрѣнія „сольватной теоріи“ растворовъ, предложенной въ самое послѣднее время Гарри Джонсомъ и Джонъ Андерсономъ¹⁾, точно также нѣтъ никакихъ основаній предполагать отступленія отъ закона аддитивности въ явленіяхъ поглощенія бѣта лучей растворами.

Названные авторы изучали спектры поглощенія свѣта надъ двумя тысячами различныхъ растворовъ (водныхъ и неводныхъ); на основаніи своихъ опытовъ они пришли къ необходимости признать существованіе въ растворахъ особыхъ соединеній — „сольватовъ“, которые весьма непрочны; новое прибавленіе растворителя усложняетъ ихъ составъ, прибавка соли уменьшаетъ ихъ молекулу и, наконецъ, съ повышеніемъ температуры они быстро разрушаются; изъ громаднаго числа діаграммъ и таблицъ, на которыхъ нанесены фотографическіе снимки спектровъ поглощенія свѣта послѣ прохожденія черезъ растворъ, ясно видно, что измѣненіе спектра поглощенія зависитъ отъ концентраціи, отъ природы растворителя и особенно отъ температуры. При чемъ указанные авторы выясняютъ, что активными поглотителями являются не только молекула растворителя или растворимаго тѣла въ отдѣльности, но также и сложные соединенія этихъ обоихъ, т. е. „сольваты“.

По мнѣнію Гарри Джонсона одной гидратной теоріей нельзя объяснить результатовъ ихъ опытовъ надъ поглощеніемъ свѣта растворами; по гидратной теоріи, нужно ожидать, что увеличеніе температуры понижаетъ сложность гидрата, а увеличеніе концентраціи повышаетъ эту сложность. Слѣдовательно, спектры поглощенія, если они зависятъ, между прочимъ, и отъ молекулъ гидрата, должны при повышеніи

1) Harry C. Jones and John A. Anderson: the absorption spectra of solutions. Washington. 1909

температуры измѣняются въ направленіи какъ разъ обратномъ тому, которое наблюдается для измѣненій спектровъ съ увеличеніемъ концентраціи. На самомъ дѣлѣ, этого опыта не подтвердилъ, а наоборотъ было доказано (Hartley), что измѣненіе спектровъ поглощенія съ повышеніемъ температуры имѣетъ тотъ же характеръ какъ и увеличеніе концентраціи. Отсюда прямой выводъ Джонса и Андерсона къ теоріи сольватовъ, которая была руководящей рабочей гипотезой при изученіи спектровъ поглощенія свѣта водными и неводными растворами.

Въ результатѣ своихъ изслѣдованій авторы утверждаютъ, что „сольваты“ въ водныхъ растворахъ — это ничто иное, какъ сложныя соединенія катиона соли (іона съ отрицательнымъ зарядомъ) и молекулъ растворителя. Измѣненіе спектровъ поглощенія зависитъ отъ того, что свободный электронъ своими колебаніями отбираетъ опредѣленной длины свѣтоты волны, оставляя другія незатронутыми. Въ томъ случаѣ, если электроны будутъ окружены еще молекулами растворителя, колебанія этихъ электроновъ становятся болѣе затруднительными, и спектръ получаетъ уже другой характеръ.

Чтобы рѣшить вопросъ о поглощеніи электроновъ въ растворахъ, недостаточно всѣхъ этихъ теорій: необходимо обратиться къ главной рѣшающей инстанціи — опыту: только опытомъ можно убѣдиться, существуетъ-ли въ разбавленныхъ растворахъ электролитовъ нѣчто такое, что способно вліять на скорость полета электрона и на характеръ его поглощенія. Ниже будетъ доказано, что поглощеніе бѣта лучей радія совсѣмъ не похоже на поглощеніе свѣта въ тѣхъ же растворахъ.

Экспериментальная часть.

Глава II.

Методъ іонизаціи газовъ, какъ средство для изученія поглощенія электроновъ.

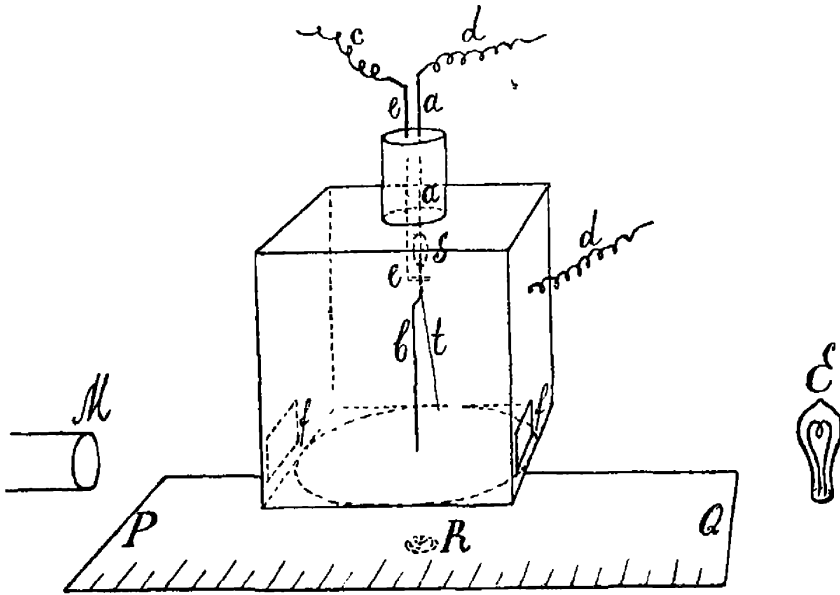
§ 5. Общее количество энергіи электроновъ, выбрасываемыхъ какимъ-нибудь тѣломъ, можно опредѣлить тремя способами: или 1) по количеству электричества, несомого этими электронами; или 2) сравненіемъ фосфоресцирующихъ экрановъ, одинъ изъ которыхъ принять за стандартъ; или, наконецъ, въ 3) по степени іонизаціи газовъ, производимой электронами въ замкнутомъ сосудѣ.

Первый способъ даетъ возможность опредѣлить абсолютное количество электроновъ, выбрасываемыхъ изъ тѣла; величина отрицательнаго электрическаго заряда (e) по послѣднимъ опредѣленіямъ равна $4,65 \times 10^{-10}$ электростатическихъ единицъ; отсюда, зная общее количество заряда, легко вычислить число и самихъ электроновъ.

Остальные два способа даютъ возможность установить относительное измѣненіе энергіи электроновъ, падающихъ на фосфоресцирующій экранъ или въ сосудъ, въ которомъ измѣняется степень іонизаціи газа.

Въ виду несложности метода іонизаціи по сравненію съ другими, мы предпочли его въ нашихъ изслѣдованіяхъ и по степени іонизаціи газа (воздуха), подъ вліяніемъ бѣта лучей радія, прошедшихъ различныя толщи вещества, судили объ измѣненіи ихъ энергіи.

§ 6. Электроскопъ для изслѣдованія іонизаціи подѣ вліяніемъ бѣта лучей представлялъ собою ящикъ кубической формы съ квадратнымъ основаніемъ 3×3 см. и высотою 4 см. (См. Фиг. 1.) Въ верхней части этого ящика черезъ эбонитовую пробку проходитъ латунный стержень (aa); нижняя часть этого стержня впаяна въ кусочекъ чистой сѣры (S),



Фиг. 1.

которую до сихъ поръ считаютъ однимъ изъ наилучшихъ и дешевыхъ изоляторовъ при работахъ подобнаго рода. Съ нижней стороны столбика сѣры впаянъ другой стержень, слегка изогнутый въ своей верхней части (b) и на немъ поддерживается тонкій алюминіевый листочекъ (t).

Для сообщенія заряда служила тонкая, хорошо отполированная, эбонитовая палочка, легкое прикосновеніе которой къ крючку (ee), сообщало желаемый зарядъ стержню (b). Крючекъ (ee) проходящій черезъ эбонитовую пробку, послѣ заряденія можно было поворачиваніемъ отвести отъ стержня (b) и соединить съ землею посредствомъ проволоки (с). Съ лѣвой и правой стороны электроскопа находились слюдяныя окошкы (ff), расположенныя на одной линіи; черезъ нихъ легко видѣть стержень (b) и прикрѣпленный къ нему алюминіевый листочекъ (t).