В. А. Бородовскій,
приватъ-доцентъ химіи Императорскаго Юрьевскаго Университета.

Поглощеніе бэта лучей радія.

Eesti
Üliõpilaste Seltsi
raamatukogu.
№ X 47
2402.

Юрьевъ, 1910г.

Est.
Bibliotheca
Universitatis
Tartuensis
1943: 4023
8246 I 39547280

Профессору хирургіи,

Доктору медицины,

Вильгельму Вильгельмовичу Коху

съ глубокимъ признаніемъ

свой скромный трудъ

посвящаетъ

авторъ.

Вильгельмъ Вильгельмовичъ!

Своими смѣлыми операціями Вы сохранили мнѣ жизнь. Лучшимъ украшеніемъ этой жизни были минуты личнаго творчества; плоды его — въ видѣ настоящей книги — спѣшу принести Вамъ въ даръ.

Авторъ.

Предисловіе.

Выполненіемъ настоящаго труда я обязанъ многимъ лицамъ и учрежденіямъ. Экспериментальная часть труда выполнена отчасти въ Кэмбриджѣ — 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 цѣнныя, 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 бэта 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 бэта-лучей въ зависимости отъ концентраціи? Можетъ быть, степень диссоціаціи имѣетъ свое вліяніе на поглощеніе бэта-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 вполнѣ разъясненныхъ, главъ физико-химіи . . . Но по мѣрѣ того, какъ наши опыты все яснѣе и яснѣе убѣждали насъ въ томъ, что поглощеніе бэта-лучей въ растворахъ носитъ характеръ аддитивности, мы постепенно перенесли свой интересъ на самыя бэта 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 бэта лучей химическими элементами. Отсюда въ окончательномъ видѣ настоящему труду и было придано такое заглавіе: „поглощеніе бэта лучей радія“.

При пользованіи терминологіей мы вообще старались употреблять термины, установленные въ научной литературѣ; бэта 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 накаленныхъ окисей щелочныхъ земель, изъ металлическихъ пластинокъ подъ вліяніемъ ультра-фіолетоваго свѣта и т. д. Въ опытахъ съ бэта лучами радія трудно удержаться отъ соотвѣтственныхъ обобщеній относительно поведенія другихъ электроновъ, и тогда установленный терминъ „бэта лучи“ мы иногда замѣняли терминомъ „электроны“.

§ 2. Еще и до сихъ поръ удѣлено очень мало вниманія вопросу о поглощеніи электроновъ жидкими тѣлами. Твердыя 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; Стреттъ 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 газообразныхъ окислахъ азота [1]).

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

Норманнъ Кэмпбэллъ [2]) 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) Norman 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 бэта 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 коэффиціентъ поглощенія β-лучей (λ) какимъ-нибудь растворомъ не представляетъ собой средней ариѳметической величины изъ коэффиціентовъ поглощенія чистаго растворителя и растворимой соли. По нашему мнѣнію, опытныя данныя Норманна Кэмпбэлла не даютъ ему права сдѣлать какой-нибудь опредѣленный выводъ относительно поглощенія бэта-лучей урана растворами.

§ 3. Взгляды предыдущаго автора стоятъ въ полномъ противорѣчіи со взглядами Краузера[1]). Въ лабораторіи Кэвендиша Краузеръ произвелъ рядъ изслѣдованій, относящихся къ поглощенію бэта лучей урана твердыми химическими соединеніями и элементами, взятыми или въ видѣ тонкихъ листовъ или въ видѣ порошка. Въ результатѣ этихъ изслѣдованій оказалось, что коэффиціентъ поглощенія бэта лучей какимъ нибудь соединеніемъ равенъ суммѣ коэффиціентовъ поглощенія, принадлежащихъ въ отдѣльности каждому элементу этого соединенія. Отсюда ясно, что общій коэффиціентъ поглощенія легко вычислить, если будутъ даны коэффиціенты поглощенія элементами, входящими въ данное соединеніе.

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

Какъ мы видѣли выше, Кэмпбэллъ 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 бэта 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. Бэта 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 степень 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 радіоактивныхъ 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 Андерсономъ[1]), точно также нѣтъ никакихъ основаній предполагать отступленія отъ закона аддитивности въ явленіяхъ поглощенія бэта 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 громаднѣйшаго 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 сложныя 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 измѣняться въ направленіи какъ разъ обратномъ тому, которое наблюдается для измѣненій спектровъ съ увеличеніемъ концентраціи. На самомъ дѣлѣ, этого опытъ 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 катіона соли (іона съ отрицательнымъ зарядомъ) и молекулъ растворителя. Измѣненіе спектровъ поглощенія зависитъ отъ того, что свободный электронъ своими колебаніями отбираетъ опредѣленной длины свѣтовыя 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 бэта 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.

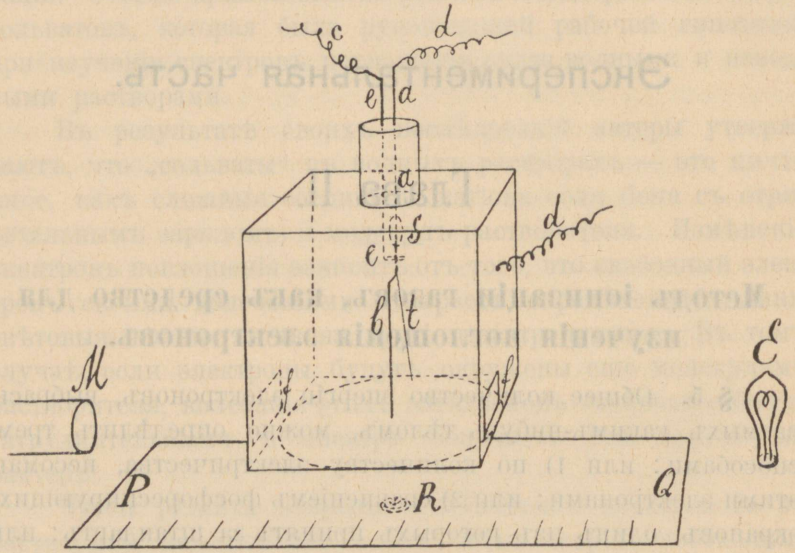
§ 5. Общее количество энергіи электроновъ, выбрасываемыхъ какимъ-нибудь тѣломъ, можно опредѣлить тремя способами: или 1) по количеству электричества, несомаго этими электронами; или 2) сравненіемъ фосфоресцирующихъ экрановъ, одинъ изъ которыхъ принятъ за штандартъ; или, наконецъ, въ 3) по степени іонизаціи 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 бэта лучей радія, прошедшихъ различныя толщи вещества, судили объ измѣненіи ихъ энергіи.

§ 6. Электроскопъ для изслѣдованія іонизаціи подъ вліяніемъ бэта лучей представлялъ собою ящикъ кубической формы съ квадратнымъ основаніемъ 3 × 3 cm. и высотою 4 cm. (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 аллюминіевый 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 заряженія можно было поворачиваніемъ отвести отъ стержня (b) и соединить съ землей посредствомъ проволоки (c). Съ лѣвой и правой стороны электроскопа находились слюдяныя окошки (ff), расположенныя на одной линіи; черезъ нихъ легко видѣть стержень (b) и прикрѣпленный къ нему аллюминіевый листочекъ (t).

Дно электроскопа было задѣлано свинцовымъ листомъ, съ внутреннимъ круглымъ отверстіемъ посрединѣ, заклееннымъ оловянной фольгой (толщина этой фольги ·008 миллиметровъ).

Для отсчета дѣленій, проходимыхъ аллюминіевымъ листочкомъ въ единицу времени, служилъ микроскопъ небольшого увеличенія (M), со скалою, дѣленной на сто частей. Микроскопъ былъ установленъ такъ, что нулевое дѣленіе его скалы точно совпадало съ аллюминіевымъ листочкомъ въ томъ случаѣ, если внутренній стержень (b) посредствомъ крючка (ee) и проволоки (c) былъ соединенъ съ землей. Эта установка микроскопа сохранялась въ теченіе всѣхъ опытовъ, такъ что результаты измѣренія активностей для различныхъ опытовъ вполнѣ между собой сравнимы.

Позади электроскопа находилась электрическая лампа (E) съ матовымъ стекломъ; пользуясь ея освѣщеніемъ можно было легко и точно отсчитывать дѣленія скалы микроскопа. Лампочка была установлена на далекомъ разстояніи, такъ что тепловые лучи не могли сколько нибудь значительно вліять на измѣненіе температуры въ бэта электроскопѣ.

Для защиты отъ внѣшнихъ электрическихъ вліяній весь электроскопъ соединялся съ землей посредствомъ проволоки (dd). Подъ электроскопомъ въ разстояніи 8 милл. находилась подставка PQ съ нанесенной на ней скалой. Препаратъ радія R закрѣплялся въ углубленіи на этой подставкѣ такъ, что пучокъ бэта частицъ, вылетающихъ изъ него, приходился противъ середины дна электроскопа; въ то же самое время самый препаратъ не выступалъ надъ поверхностью подставки PQ.

Какъ разъ надъ моей рабочей комнатой въ слѣдующемъ верхнемъ этажѣ помѣщалась комната проф. Э. Рудзерфорда, гдѣ было сосредоточено около ·5 gr. очень активнаго бромистаго радія. Непосредственными опытами было доказано, что гамма лучи радія проникаютъ черезъ всю толщу потолка и увеличиваютъ „естественную утечку“ въ электроскопѣ. Чтобы защитить свой электроскопъ отъ ихъ іонизирующаго вліянія надъ моимъ электроскопомъ была положена свинцовая доска, около 8 сант. толщиной, поддерживаемая массивными подставками. Въ толщѣ этого свинца поглощались послѣдніе слѣды гамма лучей, и „естественная утечка“ была доведена до нормальнаго состоянія.

§ 7. Поглощеніе электроновъ жидкостями до сихъ

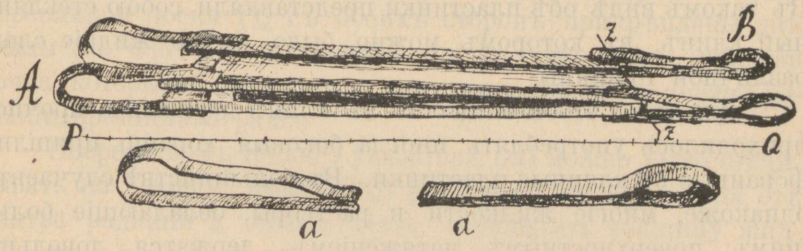
поръ не было предметомъ обстоятельнаго изученія только потому, что еще не былъ выработанъ методъ полученія тонкихъ жидкихъ слоевъ. Бэта лучи понижаютъ свою энергію наполовину, если они проходятъ аллюминіеву пластинку ·05 cm. (Рудзерфордъ). Большая часть водныхъ растворовъ неорганическихъ солей обладаетъ удѣльнымъ вѣсомъ въ полтора раза меньшимъ, чѣмъ удѣльный вѣсъ аллюминія (2,70). Слѣдовательно электроны радія могутъ еще проходить жидкіе слои этихъ растворовъ въ нѣсколько миллиметровъ толщиной, оставаясь только наполовину ослабленными. Но полученіе жидкаго слоя въ миллиметръ толщиной составляетъ уже большія трудности: поверхностное натяженіе жидкостей сильно мѣняетъ толщину слоя по направленію отъ центра жидкой поверхности къ краямъ сосуда. Концентрація раствора имѣетъ большое вліяніе на энергію поверхностнаго натяженія жидкости, и слѣдовательно радіусъ кривизны мениска сильно мѣняется съ разбавленіемъ. Отсюда понятна и естественна прямая необходимость содержать жидкость между двумя параллельными пластинками, достаточно прочными для того, чтобы они не измѣняли своей формы подъ вліяніемъ капилярныхъ силъ жидкости и въ то же самое время настолько тонкими, чтобы только самая незначительная доля бэта лучей поглощалась этими пластинками.

Первые опыты произведены были съ плёнками, полученными изъ коллодія. Прозрачныя тонкія плёнки коллодія прикрѣплялись къ металлическимъ кольцамъ; раздвигая или приближая эти кольца одно къ другому, можно было получить жидкій слой любой толщины. Болѣе детальное изслѣдованіе однакоже показало, что эти плёнки, туго натянутыя на свои кольца, способны прогибаться подъ вліяніемъ смачивающихъ ихъ жидкостей. Несмачивающія жидкости выдавливаютъ ихъ наружу; и несмотря на то, что разстояніе между кольцами остается постояннымъ, — срединный слой раствора имѣетъ различную толщину для различныхъ растворовъ. Сдѣлана была попытка закрѣпить целлюлоидную упругую пластинку на стеклянныхъ кольцахъ, но результаты были опять неудовлетворительны. Фотографическая филма, обработанная горячей водой для удаленія желатинной плёнки и потомъ натянутая на кольца, также изгибалась подъ вліяніемъ силъ поверхностнаго натяженія.

Наконецъ, слюда, взятая въ такой же толщинѣ, какъ и предыдущія плёнки, дала несомнѣнно лучшій результатъ, а въ тонкихъ своихъ слояхъ слюда также прогибалась, какъ и коллодій или целлюлоидъ. Еще большій успѣхъ имѣли опыты со стекляннными покровными стёклами. Самыя тонкія пластинки покровныхъ стеколъ, которыя мнѣ удалось найти, имѣли толщину около 0.2 mm. Если бы можно было взять и нѣсколько тоньше, то, пожалуй, прогиба еще не было бы замѣтно.

Хотя слюдяныя и стеклянныя пластинки по своей прочности не способны сколько нибудь замѣтно измѣнять свою форму, за то онѣ поглощаютъ сравнительно большой процентъ электроновъ, проходящихъ черезъ нихъ. Тогда какъ плёнки коллодія, целлюлоида составлены изъ легкихъ атомовъ углерода, водорода, азота и т. д., плёнки слюды и стекла содержатъ въ себѣ атомы болѣе тяжелыхъ элементовъ и это обстоятельство имѣетъ большое значеніе на относительную величину поглощенія электроновъ: болѣе легкіе атомы, какъ это будетъ видно ниже, поглощаютъ гораздо меньше электроновъ, чѣмъ болѣе тяжелые.

§ 8. Для полученія жидкихъ слоевъ различной толщины долгимъ опытомъ былъ выработанъ стеклянный клинъ



Фиг. 2.

AB (см. Фиг. 2); въ своемъ окончательномъ видѣ этотъ клинъ имѣлъ слѣдующее устройство: двѣ стеклянныя пластинки, имѣющія длину 14 cm., ширину 4 cm. и толщину 0.2 mm., были прикрѣплены каждая вдоль своихъ краевъ къ стальнымъ брускамъ. Бруски, сдѣланные изъ самой крѣпкой стали, были настолько прочны, что не могли прогибаться подъ вліяніемъ силъ поверхностнаго натяженія жидкостей. По своей длинѣ бруски точно соотвѣтствовали длинѣ стеклянныхъ пластинокъ, а ширина ихъ была 4 и толщина 2 mm.

Тѣ стороны брусковъ, къ которымъ были прикрѣплены стеклянныя пластинки, должны имѣть совершенно плоскую, параллельную самой себѣ поверхность; стеклянныя пластинки, какъ бы онѣ не были хорошо подобраны, не могутъ представлять собою совершенно параллельныхъ плоскостей. Будучи прикрѣплены прочнымъ цементомъ къ стальнымъ ровнымъ брускамъ, онѣ однакоже выравнивали свою поверхность. Стоило очень много труда выточить и потомъ отшлифовать такія ровныя гладкія поверхности у стальныхъ брусковъ.

Стеклянныя пластинки прикрѣплены были къ полированной поверхности стальныхъ брусковъ или посредствомъ растворимаго стекла или посредствомъ канадскаго бальзама. Органическія жидкости совсѣмъ не вліяютъ на растворимое стекло, а водные растворы не вліяютъ на канадскій бальзамъ, и въ зависимости отъ этого, при изслѣдованіи поглощенія электроновъ растворами, приходилось пользоваться тѣмъ или инымъ цементомъ.

Двѣ стеклянныя пластинки, имѣющія на своихъ сторонахъ стальные брусья, прикладывались одна къ другой такъ, что на одномъ концѣ онѣ касались другъ друга, а на другомъ между ними было нѣсколько миллиметровъ разстоянія. Въ такомъ видѣ обѣ пластинки представляли собою стеклянный клинъ, въ которомъ можно было имѣть жидкіе слои различной толщины.

Для того, чтобы жидкость въ клинѣ держалась прочно, приходилось употреблять иногда боковыя хорошо пришлифованныя стеклянныя пластинки. Въ большинствѣ случаевъ, однакоже, многіе жидкости и растворы, обладающіе большимъ поверхностнымъ натяженіемъ, держатся довольно прочно въ клинѣ, если только и при наполненіи и при установкѣ клина все время сохранять его пластинки въ горизонтальномъ положеніи. Разстояніе между пластинками клина сохранялось постояннымъ втеченіе всего наблюденія. Это достигалось такимъ образомъ. Хорошо отшлифованный стеклянный брусочекъ, толщина котораго точно опредѣлена, вставляется на одномъ концѣ клина между двумя тонкими стеклянными пластинками. Затѣмъ, оба конца клина скрѣпляются стальными пружинами (на рисункѣ, Фиг. 2, пружины изображены на клинѣ и отдѣльно, аа). Пружины разсчитаны

такъ, чтобы при возможныхъ сотрясеніяхъ или передвиженіяхъ не было никакого перемѣщенія стеклянныхъ пластинокъ изъ ихъ первоначальнаго положенія.

Послѣ того, какъ стеклянный брусокъ вставленъ и разстояніе отъ начала стеклянныхъ пластинокъ, гдѣ онѣ касаются одна другой, до стекляннаго бруска точно опредѣлено, — тогда посредствомъ стальныхъ пружинъ закрѣпляютъ это положеніе на всю серію опытовъ и посредствомъ тонкой капилярной пипетки жидкость каплями вносится въ этотъ клинъ.

Опредѣлить толщину даннаго слоя жидкости въ любомъ мѣстѣ стекляннаго клина легко, если дано разстояніе этого слоя отъ начала клина и толщина стекляннаго бруска, раздѣляющаго на одномъ концѣ стеклянныя пластинки одна отъ другой.

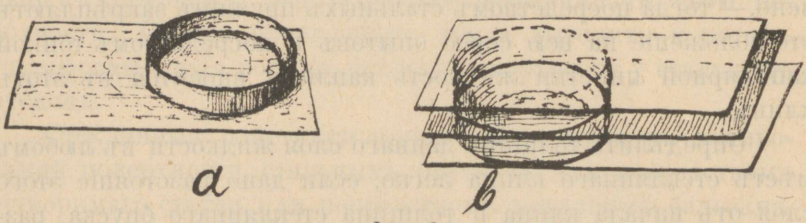
Для этой цѣли были сдѣланы слѣдующія приспособленія. Подъ самымъ основаніемъ бэта электроскопа была укрѣплена массивная деревянная доска PQ (Фиг. 2, сравни также Фиг. 1), съ выемкой въ срединѣ для препарата радія. Капсюля съ препаратомъ бромистаго радія, вдвинутая въ указанную выемку, занимала положеніе какъ разъ противъ центра основанія бэта электроскопа. Къ боковымъ сторонамъ этой деревянной доски PQ съ обоихъ сторонъ прикрѣплены двѣ скалы (на Фиг. 1 и 2 показана только одна скала), нулевая точка которыхъ приходится какъ разъ противъ центра радіаціи бромистаго радія.

Посредствомъ тонкаго указателя (zz) можно было отсчитывать на боковой скалѣ (PQ) разстояніе начала клина отъ центра радіаціи и отсюда легко опредѣлить толщину жидкаго слоя подъ радіемъ, принимая во вниманіе, что толщина жидкости увеличивается прямо пропорціонально разстоянію отъ одного конца клина до другого. Пользуясь этими разсчетами, можно было опредѣлить измѣненіе энергіи бэта лучей, проходящихъ черезъ различныя толщи растворовъ.

§ 9. Многія органическія жидкости и порошковатыя тѣла изслѣдованы были на поглощеніе электроновъ радія въ стеклянныхъ ячейкахъ. На Фиг. 3 изображена ячейка (a), въ которой производились опыты поглощенія бэта лучей органическими жидкостями и порошковатыми тѣлами; въ ячейкахъ (b), сложенныхъ такъ, что одна изъ нихъ является

перевернутой надъ другой, и раздѣленныхъ тонкимъ слоемъ слюды, произведены опыты поглощенія бэта лучей въ связи съ физическими и химическими измѣненіями растворовъ (подробнѣе объ этомъ см. ниже).

Тонкостѣнная стеклянная трубка около 2—3 cm. діаметромъ служила матеріаломъ для полученія круглыхъ ко-



Фиг. 3.

лецъ различной толщины; посредствомъ платиновой проволоки, накаливаемой электрическимъ токомъ, кольцо отрѣзывалось и потомъ тщательнымъ шлифованіемъ съ обоихъ сторонъ можно было добиться желаемой толщины этого кольца. Такое кольцо посредствомъ растворимаго стекла или посредствомъ канадскаго бальзама было прочно приклеено къ тонкому покровному стеклу; и другое покровное стекло служило крышкой надъ жидкостью, такъ что толщина жидкости въ ячейкѣ оставалась все время постоянной, и въ тоже время пары жидкости не препятствовали производимымъ наблюденіямъ.

Эти ячейки особенно удобны тѣмъ, что ихъ легко можно было взвѣшивать вмѣстѣ съ содержавшимися въ нихъ жидкостями. Зная діаметръ кольца и вѣсъ ртути въ объёмѣ ячейки, легко получить высоту ячейки, а вмѣстѣ съ тѣмъ и толщину жидкаго слоя.

Эти же ячейки были наиболѣе удобнымъ средствомъ для опредѣленія поглощательной способности бэта лучей порошковатыми тѣлами.

Тонко измельченный порошокъ какого-нибудь тѣла вносится въ жестянный эмалированный сосудъ и закрывается двумя слоями тонкой газовой матеріи (муслина). Поднявъ этотъ сосудъ на достаточную высоту и перевернувъ его въ обратную сторону, лёгкимъ встряхиваніемъ можно было просѣять изслѣдуемый порошокъ въ подставленную стеклянную ячейку. При такомъ просѣиваніи съ достаточ-

ной высоты порошокъ равномѣрно покрываетъ дно ячейки и толщину его слоя легко опредѣлить по взвѣшиванію (зная, конечно, удѣльный вѣсъ даннаго порошковатаго тѣла и площадь основанія ячейки). При изслѣдованіи порошковатыхъ тѣлъ обращено вниманіе на то, чтобы зёрна просѣиваемыхъ порошковъ были весьма малы, — въ этомъ только случаѣ является полная увѣренность въ томъ, что тонкій слой порошка сплошь покрылъ собою всю поверхность основанія стеклянной ячейки; поэтому до опытовъ изслѣдуемые порошки тщательно растирались въ мелкую пыль и повторными просѣиваніями черезъ газовую матерію выдѣлялись послѣдніе остатки крупныхъ зеренъ.

Глава III.

Методы наблюденія и поправки.

§ 10. Мѣрою активности даннаго тѣла является число дѣленій скалы, проходимыхъ листочкомъ электроскопа въ единицу времени — въ одну секунду. Уже давно извѣстно, что заряженный электроскопъ, даже въ отсутствіи радіоактивныхъ тѣлъ теряетъ постепенно свой зарядъ и поднятый листочекъ электроскопа съ теченіемъ времени приходитъ снова въ свое нормальное нулевое положеніе. Число дѣленій, проходимыхъ листочкомъ электроскопа въ единицу времени въ отсутствіи радіоактивыхъ тѣлъ, и называется „естественной утечкой электроскопа“.

Въ свѣтѣ современныхъ представленій о радіоактивныхъ свойствахъ матеріи „естественная утечка“ объясняется тѣмъ, что всякое тѣло со своей поверхности выдѣляетъ свободные электроны, которые іонизируютъ газы и дѣлаютъ ихъ способными проводить электрическій токъ. Кромѣ того, на величину утечки оказываетъ вліяніе также присутствіе радіоактивныхъ газовъ: эманаціи радія или торія.

Въ лабораторіяхъ, гдѣ приходилось производить эту работу, постояннымъ источникомъ для радіоактивныхъ изслѣдованій, была эманація радія. Несмотря на самыя тща-

тельныя операціи опытныхъ стеклодуховъ, при запаиваніи трубокъ съ эманаціей слѣды послѣдней терялись въ воздухѣ, что замѣтно отражалось на величинѣ естественной утечки. Обычная величина естественной утечки колебалась отъ ·02—·05 дѣленій въ секунду, это составляетъ около ·01% тѣхъ активностей, съ которыми мнѣ приходилось имѣть дѣло при изслѣдованіи растворовъ. Не смотря на малую величину этой утечки, опредѣленія ея производились всякій разъ передъ серіей опытовъ или послѣ ихъ и въ вычисленія измѣряемыхъ активностей поправка на эту величину введена повсюду.

§ 11. Средняя величина активности даннаго препарата радія, покрытаго или непокрытаго слоемъ жидкости, выводилась изъ ряда многихъ наблюденій. Обычно 8—10 согласныхъ между собою наблюденій были достаточной гарантіей того, что данныя наблюденія представляютъ собою истинную мѣру активности бэта лучей, прошедшихъ черезъ данный слой вещества. Отступленія отдѣльныхъ наблюденій отъ средней величины никогда не превышаютъ 0·8%; обычно же онѣ колеблются въ предѣлахъ 0·1%—0·5%.

Когда электроскопъ заряженъ, то его аллюминіевый листочекъ поднимается къ верхнимъ дѣленіямъ скалы. Вся скала была раздѣлена на 100 частей. Для наблюденій времени прохожденія листочка между дѣленіями скалы, бралась средняя часть ея между 80 и 20 дѣленіями. Именно въ силу того обстоятельства, что такая длинная часть скалы въ 60 дѣленій берется для наблюденія прохожденія разряжающимся листочкомъ, средняя ошибка наблюденія сведена на такую незначительную величину въ 0·5—0·1%. Въ этой части скалы, — между 80—20 дѣленіями — произведены были отсчеты времени, необходимаго для того, чтобы спадающій листочекъ продвинулся отъ 80 до 20 дѣленія. Отношенія между числомъ дѣленій и числомъ секундъ, въ теченіе котораго указанный промежутокъ скалы пройденъ, является мѣрой активности даннаго вещества при данныхъ условіяхъ опыта.

Такъ какъ во всей серій опытовъ не было сдѣлано какихъ нибудь отступленій отъ указаннаго выше пріема отсчета и такъ какъ установка скалы и электроскопа была фиксирована разъ навсегда, ясно, что мы имѣемъ полное

право сравнивать между собою всѣ результаты измѣреній активности, произведенныхъ въ различныхъ серіяхъ опытовъ.

§ 12. Первыя измѣренія активности бэта лучей, прошедшихъ черезъ матеріальную среду, оказываются вначалѣ нѣсколько меньшими, чѣмъ послѣдующія измѣренія.

На этомъ фактѣ останавливали свое вниманіе уже многіе изслѣдователи, но вѣрнаго объясненія однако до сихъ поръ нѣтъ.

Мы склонны объяснить этотъ фактъ тѣмъ, что состояніе электрическаго поля вокругъ всей системы: листочка и непроводника устанавливается не сразу, а постепенно. Часть электрическаго заряда распредѣляется между стержнемъ съ висящимъ на нёмъ листочкомъ и самымъ непроводникомъ изъ сѣры.

Заряды электричества, сообщаемые электроскопу, занимаютъ всё большую и большую поверхность, распредѣляясь отчасти на непроводникѣ (сѣрѣ) и только послѣ того, какъ установится постоянное электрическое поле въ данной системѣ, получаются вполнѣ опредѣленные, согласные между собою отсчеты пробѣга аллюминіеваго листочка между дѣленіями скалы. Обычно во всѣхъ нашихъ опытахъ, при различныхъ степеняхъ активности, съ которыми приходилось работать, согласные отсчеты начинаются послѣ 3—4 первыхъ измѣреній. Отсюда важное практическое правило: при переходѣ отъ одной серіи наблюденій къ другой нельзя оставлять электроскопъ незаряженнымъ: иначе установившееся уже равновѣсіе будетъ нарушено и придется затратить 5—6 минутъ, чтобы его опять возстановить и получить согласныя наблюденія. Для примѣра приведемъ нѣсколько выписокъ изъ протокола.

Приведенныя ниже данныя указываютъ, что разница между первымъ измѣреніемъ активности и средней величиной ея равна почти 0,4%, а разница между близкими отсчётами, отмѣченными звѣздочкой, не превышаетъ 0,1% (см. табл. I).

Конечно, эти ошибки наблюденій увеличиваются по мѣрѣ того, какъ мы переходимъ къ активностямъ бо́льшей величины.

Во всѣхъ измѣреніяхъ первыя два-три наблюденія отбрасывались, а остальныя 8—12 отсчетовъ шли на полученіе средняго ариѳметическаго.

Таблица I.

	Активность $= \frac{\text{число дѣл.}}{\text{сек.}}$
1-ый отсчетъ . . .	54.95
2 „ „ . . .	55.45
3 „ „ . . .	55.76*
4 „ „ . . .	55.68
5 „ „ . . .	55.76
6 „ „ . . .	55.76
7 „ „ . . .	55.76
8 „ „ . . .	55.68
9 „ „ . . .	55.76
10 „ „ . . .	55.76*
Среднее	55.74

§ 13. Извѣстно, что іонизація какого нибудь газа прямо пропорціональна его давленію. Такъ какъ въ нашемъ случаѣ измѣреніе активности производилось по методу іонизаціи воздуха въ бэта электроскопѣ, то ясно, что для точности измѣреній необходимо было всякій разъ принять во вниманіе величину барометрическаго давленія.

Впослѣдствіи выяснилось, что не одно только барометрическое давленіе вліяетъ на измѣненія активности; зависимость эта гораздо сложнѣе, такъ какъ влажность и, вѣроятно, температура также имѣютъ свою долю вліянія на измѣненія активности.

Ниже, въ таблицѣ II, мы приведемъ нѣсколько относящихся сюда данныхъ. Въ первомъ столбцѣ даны активности $\left(\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$ бэта лучей радія, прошедшихъ черезъ стеклянный клинъ, незаполненный жидкостью; во 2 столбцѣ — барометрическое давленіе и въ 3 — влажность въ %.

Остановимся подробнѣе на наблюденіяхъ: 10, 11 и 12; наблюденія 10 и 11 указываютъ, что при постоянномъ барометрическомъ давленіи активность уменьшается съ увеличеніемъ % влажности; наблюденія 10 и 12 показываютъ ясно, что при постоянной влажности активность увеличивается вмѣстѣ съ увеличеніемъ давленія. Кромѣ того, и первые восемь наблюденій убѣждаютъ въ прямой зависимости величины активности отъ величины барометрическаго давленія.

Таблица II.

№№	1. активность	2. баром. давл.	3. влажность въ %
1.	118.36 $\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}$ . . .	754.0 mm.	
2.	117.70 „ . . .	756.10 „	
3.	117.28 „ . . .	754.50 „	
4.	114.60 „ . . .	742.00 „	
5.	118.26 „ . . .	746.90 „	
6.	118.30 „ . . .	754.00 „	
7.	120.80 „ . . .	756.00 „	
8.	115.30 „ . . .	750.00 „	
9.	116.40 „ . . .	758.10 „ . . .	93—80
10.	116.80 „ . . .	756.3 „ . . .	89—90
11.	114.50 „ . . .	756.3 „ . . .	96
12.	114.50 „ . . .	750.3 „ . . .	88
13.	116.55 „ . . .	754.5 „ . . .	93
14.	114.20 „ . . .	747.8 „ . . .	99

Результаты предыдущей таблицы можно было бы выразить приблизительно такъ: активность измѣняется пропорціонально барометрическому давленію и обратно пропорціонально влажности.

§ 14. Можно было бы построить соотвѣтствующую формулу для перехода отъ активностей при данныхъ условіяхъ давленія и влажности къ активностямъ при другихъ условіяхъ. Мы, однако же, предпочли всякій разъ передъ серіей опытовъ производить прямое опредѣленіе активности бэта лучей, прошедшихъ черезъ пустой стеклянный клинъ или пустую стеклянную ячейку. Эта начальная активность бэта лучей, прошедшихъ черезъ пустые незаполненные аппараты, была принята за 100 и всѣ другія активности бэта лучей, прошедшихъ черезъ различные слои растворовъ, выражались въ доляхъ этой начальной активности, т. е. въ %.

Въ виду особеннаго значенія начальной точки активности бэта лучей, прошедшихъ черезъ пустой клинъ и принятыхъ условно за 100%, на ней было остановлено наибольшее вниманіе. Тогда какъ при другихъ точкахъ мы удовлетворялись 8—12 отсчётами, для измѣренія начальной активности мы брали, по меньшей мѣрѣ, 20 наблюденій, изъ

которыхъ потомъ выводили среднее ариѳметическое, и приравнивали его къ 100 %.

Время, необходимое для измѣренія активностей бэта лучей, прошедшихъ черезъ растворъ, ограничивалось 10—15 минутами при работахъ со стеклянными ячейками и полутора-двумя часами при работахъ со стекляннымъ клиномъ. Конечно, въ первомъ случаѣ измѣненія активности въ связи съ барометрическимъ давленіемъ можно считать весьма незначительными; во второмъ случаѣ — при работахъ со стекляннымъ клиномъ — всегда по окончаніи опытовъ дѣлались повторные отсчёты для измѣреній активности бэта лучей, прошедшихъ черезъ пустой клинъ. Такимъ образомъ, начальная активность бэта лучей, прошедшихъ черезъ пустой стеклянный клинъ, была предметомъ двукратныхъ измѣреній: передъ наполненіемъ клина растворомъ и послѣ серіи опытовъ, когда растворъ изъ клина снова удаленъ; въ большинствѣ случаевъ нельзя было замѣтить какой-нибудь существенной разницы въ величинѣ активности, но иногда — при быстрой смѣнѣ барометрическаго давленія — эти разницы всё же были; и тогда за 100 считалась активность, выведенная какъ средняя изъ обоихъ измѣреній передъ началомъ серіи опытовъ и въ концѣ ея. Но и въ самыхъ рѣзкихъ случаяхъ разница между величинами активностей, измѣренными въ началѣ и въ концѣ опытовъ, не превышала нѣсколькихъ десятыхъ долей процента.

Глава IV.

Бэта лучи.

§ 15. Постояннымъ источникомъ бэта лучей при нашихъ измѣреніяхъ служилъ препаратъ радія. Сравненіе этого препарата со штандартомъ, принятымъ въ лабораторіи Э. Рудзерфорда въ Манчестерѣ, указало, что количество бромистаго радія было равно 0.52 миллиграммамъ. Самый опытъ сравненія даннаго препарата со штандартомъ произведенъ

такимъ образомъ: на различныхъ разстояніяхъ отъ гамма электроскопа помѣщенъ штандартъ радія, содержащій въ себѣ 3.69 миллиграммовъ бромистаго радія; активность этого препарата измѣряется по способу іонизаціи, производимой гамма лучами въ электроскопѣ; затѣмъ, точно въ такихъ же разстояніяхъ отъ гамма электроскопа помѣщенъ былъ и нашъ препаратъ радія, и точно также активность его измѣрялась по гамма іонизаціи.

Ивъ (Eve) показалъ, что іонизирующее дѣйствіе гамма лучей прямо пропорціонально количеству радія; слѣдовательно, зная активность обоихъ препаратовъ и потомъ количество одного изъ нихъ, легко опредѣлить содержаніе радія и въ препаратѣ.

Изъ всѣхъ этихъ сравненій активностей посредствомъ іонизирующаго дѣйствія гамма лучей и получилась указанная выше величина для бромистаго радія въ 0.52 миллиграмма.

Данный препаратъ бромистаго радія былъ въ состояніи радіоактивнаго равновѣсія, т. е. количество послѣдовательныхъ продуктовъ дезинтеграціи радія было постояннымъ.

Напомнимъ въ самыхъ краткихъ чертахъ послѣдовательные продукты распада радіеваго атома; этотъ распадъ по послѣднимъ даннымъ радіоактивной химіи представляется въ такомъ видѣ:

Таблица III.

Названіе	Лучи	Атомные вѣса	Періодъ полураспада	Относительное количество каждаго продукта въ %.
I.	II.	III.	IV.	V.
Радій — Ra	α	226.5	2000 л.	98.0190834
Эманація — Em	α	222.5	3.9 дн.	0.0005237
Радій A — RaA	α	218.5	3′	0.0000003
„ B — RaB	β (слабые)	214.5	19′	0.0000017
„ C — RaC	α, β, γ	214.5	28′	0.0000027
„ D — RaD (радіосвинецъ)	—	210.5	40 л.	1.9603816
„ E — RaE	β, γ	210.5	6 дн.	0.0008056
„ F — RaF (полоній)	α	210.5	143 д.	0.0192010
„ G — RaG (свинецъ)?	—	206.5	?	?
				100.0000000

Въ I столбцѣ дана химическая номенклатура различныхъ продуктовъ дезинтеграціи; стрѣлка сверху внизъ указываетъ на непосредственное происхожденіе одного продукта изъ другого. Во II-омъ столбцѣ даны тѣ лучи, которые выдѣляются во время процесса распада. Такъ какъ альфа лучи — атомы геллія, и бэта лучи — это электроны съ весьма незначительной массой, равной $^1/_{2000}$ массы атома водорода, легко дать атомные вѣса для каждаго продукта распада; эти атомные вѣса сведены въ столбцѣ III; для полной характеристики приданы столбцы IV и V, въ которыхъ указаны періоды полураспада соотвѣтственныхъ радіоактивныхъ атомовъ и относительное количество каждаго продукта, въ состояніи радіоактивнаго равновѣсія: каждый членъ указанной выше системы за ту же самую единицу времени теряетъ столько атомовъ, сколько ихъ пріобрѣтаетъ. Эти относительныя количества каждаго продукта радіоактивнаго распада даны въ процентахъ. Изъ таблицы ясно, что наиболѣе стойкіе продукты, напр. самаго радія и радіосвинца составляютъ почти все наличное количество препарата (одинъ 98 % и другой почти 2 %); на долю остальныхъ продуктовъ приходятся дробныя доли процентовъ; въ частности изъ бэта продуктовъ: RaB, RaC и RaE наибольшей устойчивостью отличается послѣдній (періодъ полураспада 6 дней); содержаніе его въ препаратѣ составляетъ почти 0,001 %, и потому онъ является главнымъ продуктомъ бэта лучей.

§ 17. По степени проницаемости различнаго рода радіоактивныхъ лучей альфа лучи занимаютъ послѣднее мѣсто и гамма лучи первое.

Э. Рудзерфордъ[1]) даетъ приблизительные коэффиціенты поглощенія и проницаемости для каждаго рода лучей:

	Поглощеніе.	Проницаемость.
для альфа лучей	0,0005 сант.	1
для бэта лучей	0,05 „	100
для гамма лучей	8,00 „	10,000.

Числа, показанныя подъ рубрикой „поглощеніе“, представляютъ собою толщину аллюминіевыхъ листочковъ, необходимую для того, чтобы ослабить на половину энергію

1) E. Rutherford: die Radioactivität, Berlin, 1907, 114.

лучей, проходящихъ черезъ эти листочки. Подъ проницаемостью разумѣется величина, обратная предыдущей. Для сравнительной оцѣнки проницаемости различныхъ лучей за единицу выбрана проницаемость альфа лучей.

Какъ видно изъ предыдущаго, альфа лучи способны поглощаться матеріальными срединами самой незначительной толщины. Употребляемый нами для измѣренія препаратъ бромистаго радія хранился въ мѣдной капсюлѣ, имѣвшей слюдяное окошко Толщина этой слюды была такова, что всѣ альфа частицы поглощены были ею, а бэта и гамма лучи безпрепятственно проходили наружу. Первыя измѣренія активности препарата показали, что эта активность мѣняется очень сильно то падая, то поднимаясь вновь.

Естественно было предположить, что въ капсюлѣ есть свободные ходы, черезъ которые вытекаетъ эманація радія; тщательно заливъ параффиномъ тѣ мѣста, гдѣ слюда непосредственно соприкасается съ мѣдной оправой, мы, дѣйствительно, устранили причину измѣненія активности и получили въ концѣ концовъ согласные между собою отсчёты наблюденій.

§ 18. Бэта лучи радія, поглощеніе которыхъ было предметомъ изученія въ настоящей работѣ, заслуживаютъ того, чтобы на нихъ остановиться болѣе подробно.

Прежде всего интересно отмѣтить то, что бэта лучи являются при послѣднихъ процессахъ распада радіоактивнаго атома. Такъ, въ семействѣ радія они выдѣляются у радія С и радія Е, тогда какъ предыдущіе процессы сопровождаются однимъ выдѣленіемъ альфа лучей (атомовъ геллія).

Только что высказанная мысль приложима одинаково и къ другимъ радіоактивнымъ семействамъ: такъ въ группѣ торія и, пожалуй, въ семействѣ актинія опять же бэта лучи появляются только при послѣднихъ стадіяхъ распада.

Общій характеръ распада атома таковъ: сначала выдѣляются продукты, сопровождаемые потерей атомовъ геллія, а потомъ уже продукты, сопровождаемые потерей электроновъ (бэта лучей).

Далѣе, не безъинтересно указать и на то, что бэта лучи въ большинствѣ случаевъ сопровождаются гамма лучами. Если иногда изслѣдователи отмѣчаютъ нѣкоторые продукты только съ одними бэта лучами, то это указываетъ на то,

что слабымъ, едва открываемымъ бэта лучамъ соотвѣтствуютъ еще болѣе слабые, трудно открываемые гамма лучи.

Э. Рудзерфордъ указываетъ, что если мы выразимъ въ $^0/_0$ энергію лучей, тогда получаемъ такое соотношеніе: альфа лучамъ принадлежитъ около 99 $^0/_0$, а бэта и гамма лучамъ около 1 $^0/_0$ общей энергіи, выдѣляемой препаратомъ радія за данный промежутокъ времени. Въ свою очередь ниже будетъ показано опытнымъ путемъ, что, если принять за 100 $^0/_0$ общую активность бэта и гамма лучей, тогда на долю бэта лучей приходится около 93 $^0/_0$ и на долю гамма лучей около 7 $^0/_0$ энергіи. Ясно отсюда, какъ трудно открыть гамма лучи, если они сопровождаютъ собою слабые бэта лучи. Поэтому естественно допустить, что бэта лучи въ большинствѣ случаевъ сопровождаются гамма лучами.

Природа гамма лучей до сихъ поръ остается невыясненной: можетъ быть, гамма лучи представляютъ собою корпускулы еще меньшей дѣлимости, чѣмъ бэта лучи и потому съ бо́льшимъ коэффиціентомъ проницаемости (точка зрѣнія Брэгга); а можетъ быть, эти лучи — эфирныя колебанія, необходимо сопровождающія бэта лучи, когда тѣ приходятъ въ столкновеніе съ молекулами матеріальныхъ тѣлъ (точка зрѣнія Джона Джузефа Томсона).

Пока нѣтъ еще достаточныхъ опытныхъ указаній на то, какая связь существуетъ между проницаемостью бэта лучей и проницаемостью гамма лучей.

§ 19. Кауфманнъ [1]) на основаніи магнитнаго отклоненія бэта лучей радія показалъ, что скорости ихъ измѣняются въ весьма широкихъ предѣлахъ

Мы раньше видѣли изъ таблицы III, что у радія существуютъ только три продукта, а именно радій B, радій C и радій E, которые испускаютъ изъ себя бэта лучи.

Что касается скорости бэта лучей радія E, то Шмидтъ [2]) на основаніи своихъ опытныхъ вычисленій изъ магнитнаго отклоненія бэта лучей приходитъ къ выводу, что скорость бэта лучей радія E равна $2{,}31 \times 10^{10} \frac{\text{cm.}}{\text{sec.}}$

Скорость бэта лучей въ семействѣ радія была предме-

1) Gött. Nachr. 1903, p. 90.

2) Phys. Zeitschr. 1907. p. 361.

томъ многочисленныхъ опредѣленій. Послѣ того какъ Гизель[1]) показалъ, что бэта лучи отклоняются въ магнитномъ полѣ, а Дорнъ[2]) и Беккерель[3]) показали, что бэта лучи отклонятся и въ электрическомъ полѣ, это свойство послужило главнымъ методомъ къ опредѣленію скорости бэта лучей.

Беккерель воспользовался дѣйствіемъ бэта лучей на фотографическую пластинку и, отклонивъ въ ту или другую сторону пучекъ этихъ лучей, получалъ на фотографической пластинкѣ двѣ черныя, слегка расплывчатыя точки въ тѣхъ мѣстахъ, которыя были подвержены дѣйствію бэта лучей, отклоненныхъ сначала въ одну, а потомъ въ другую сторону. Зная интенсивность магнитнаго поля, разстоянія между изображеніями, можно вычислить величину скорости бэта лучей; изъ этихъ опытовъ Беккереля получилась для бэта лучей продуктовъ радія средняя скорость около 160,000 $\frac{\text{klm.}}{\text{sec.}}$, т. е. немного больше половины скорости свѣта. Другіе изслѣдователи[4]) показали, что бэта лучи или электроны радія имѣютъ весьма различныя скорости, колеблющіяся въ предѣлахъ между 60,000 $\frac{\text{klm.}}{\text{sec.}}$ и 288,000 $\frac{\text{klm.}}{\text{sec.}}$ (т. е. въ предѣлахъ 0,2—0,9 скорости свѣта).

Шмидтъ[5]) сдѣлалъ попытку опредѣлить скорость бэта лучей одного только радія E. Съ помощью метода отклоненія этихъ лучей онъ приходитъ къ указанному выше выводу, что электроны радія E обладаютъ скоростью, равной 231,000 $\frac{\text{klm.}}{\text{sec.}}$.

§ 20. Одинакова-ли скорость всѣхъ электроновъ, вылетающихъ изъ какого-либо одного члена радіоактивнаго семейства въ періодъ его распада? Возьмемъ, для примѣра, скорость электроновъ радія E; по Шмидту эта скорость равна 231,000 $\frac{\text{klm.}}{\text{sec.}}$; спрашивается, представляетъ-ли это число нѣкоторую среднюю ариѳметическую скорости всѣхъ электро-

1) Wiedem. Ann. 69, 91 и 834 (1899).

2) Physik. Zeitschr. I, (1900), p. 337.

3) C. R. 130, (1900), p. 809.

4) W. Kaufmann: Gött. Nachr. (1901), H. 2; (1902) H. 5; и (1903) Heft 3. Сравни также Rutherford-Aschkinas: die Radioaktivität (1907), p. 131.

5) Phys. Zeitschr. 1907, p. 361.

новъ, вылетающихъ за данный промежутокъ времени, или же эта величина представляетъ собою скорость одинаковую для каждой бэта частицы (электрона) радія E?

На этотъ вопросъ существуютъ два мнѣнія. Прежніе изслѣдователи утверждали, что электроны, вылетающіе изъ одного и того же продукта въ періодъ его дезинтеграціи обладаютъ одной и той же скоростью: они гомогенны. Въ послѣднее время этому взгляду противопоставленъ другой, по которому скорость электроновъ даже для одного и того же члена радіоактивнаго семейства является различной.

Споръ по этому предмету еще далеко не законченъ; ниже, въ виду особенной важности этого вопроса для нашей работы, мы остановимся на нёмъ нѣсколько подробнѣе.

Прохожденіе бэта лучей радіоактивныхъ тѣлъ черезъ матеріальныя тѣла, особенно твердыя, вызывало особенный интересъ изслѣдователей. При этихъ процессахъ прохожденія часть бэта лучей задерживается тѣлами; какова связь между скоростью летящихъ электроновъ и ихъ поглощаемостью?

Возьмемъ нѣкоторый параллельный пучекъ бэта лучей. Допустимъ, что мы измѣряемъ энергію этого пучка по степени іонизаціи газа, производимой имъ въ бэта электроскопѣ.

Предположимъ далѣе, что на пути этого пучка лучей поставлена какая-нибудь матеріальная средина. Измѣряя, какъ раньше, энергію пучка, прошедшаго черезъ тѣло, по степени іонизаціи, мы увидимъ, что эта энергія стала меньше. Чѣмъ же объяснить это уменьшеніе энергіи? Возможны слѣдующія три объясненія: энергія пучка уменьшилась или во 1) потому, что число бэта частицъ послѣ прохожденія стало меньше; или во 2) потому, что скорость ихъ стала меньше; или, наконецъ, въ 3) и потому, что число бэта частицъ уменьшилось — съ одной стороны, и потому, что скорость ихъ понизилась — съ другой стороны.

Какое бы изъ этихъ объясненій мы ни приняли, каждое изъ нихъ является лишь частнымъ случаемъ одного общаго положенія, которое можетъ быть выражено такъ: степень іонизаціи газа въ бэта электроскопѣ подъ дѣйствіемъ бэта лучей, прошедшихъ черезъ матеріальную средину, понижается потому, что энергія лучей послѣ прохожденія соотвѣтственно уменьшается.

§ 20. Такъ какъ энергія движущагося тѣла выражается полупроизведеніемъ массы на квадратъ скорости, то энергія всего пучка будетъ выражаться: $\frac{N m v^2}{2}$, гдѣ N-число электроновъ, проходящихъ черезъ поперечное сѣченіе пучка въ единицу времени. Изъ этого ясно, что энергія будетъ уменьшаться или отъ уменьшенія N или отъ уменьшенія v; хотя множитель m — масса электрона — также мѣняется въ зависимости отъ скорости [1]), тѣмъ не менѣе это измѣненіе становится очень значительнымъ только при скоростяхъ, приближающихся къ скорости свѣта, а для тѣхъ измѣненій скоростей, которыя претерпѣваютъ электроны послѣ прохожденія ихъ черезъ матеріальныя средины, массы электроновъ можно принять постоянными.

Все то, что сказано выше объ уменьшеніи энергіи электроновъ при прохожденіи ихъ черезъ матеріальныя средины, — все это одинаково приложимо и къ тому случаю, когда эту энергію будемъ измѣрять по способу фосфоресценціи; какъ способъ іонизаціи газа, такъ и способъ свѣченія фосфоресцирующаго экрана одинаково даютъ намъ представленіе о сравнительномъ уменьшеніи энергіи электроновъ до и послѣ прохожденія ихъ черезъ матеріальныя тѣла.

Если же однако избрать электрическій способъ для измѣренія количества электричества, несомаго всѣми электронами въ единицу времени черезъ поперечное сѣченіе пучка до и послѣ прохожденія ихъ черезъ матеріальное тѣло, тогда измѣренія даютъ намъ понятіе объ относительномъ уменьшеніи *числа* электроновъ при поглощеніи ихъ матеріальнымъ тѣломъ: въ самомъ дѣлѣ, зарядъ каждаго электрона — e, или отношеніе этого заряда къ массѣ электрона — $\frac{e}{m}$ — не измѣняются при процессахъ прохожденія электроновъ черезъ матеріальныя тѣла; слѣдовательно, уменьшеніе величины общаго заряда, принадлежащаго всему пучку электроновъ, должно быть приписано только уменьшенію числа электроновъ до и послѣ прохожденія ихъ черезъ матеріальныя средины. Изъ всего предыдущаго ясно, что величина поглощенія (коэффиціентъ поглощенія) должна быть различна

1) W. Kaufmann: Gött. Nachr. 1901, Heft 2; 1902, Heft 5; 1903, Heft 3.

въ зависимости отъ способовъ измѣренія. Въ первыхъ двухъ способахъ коэффиціентъ поглощенія, такъ или иначе выбранный, былъ бы мѣрою поглощенія энергіи летящихъ электроновъ; во второмъ случаѣ — при способѣ измѣренія электрическаго заряда — коэффиціентъ поглощенія является уже мѣрою поглощенія числа электроновъ. Сравнительная величина коэффиціентовъ, отнесенная къ одному и тому же пучку, къ одной и той же матеріальной средѣ, но въ одномъ случаѣ полученная по способу іонизаціи или фосфоресценціи, а во второмъ по электрическому, эта величина должна быть различна; первый способъ дастъ большій коэффиціентъ поглощенія, чѣмъ второй, такъ какъ второй отмѣчаетъ только уменьшеніе числа электроновъ, проходящихъ черезъ данное тѣло, а первый методъ, кромѣ этого, даетъ еще и уменьшеніе ихъ скоростей.

Впрочемъ, разницы между коэффиціентами поглощенія, полученными по этимъ различнымъ способамъ не значительны; величина обоихъ коэффиціентовъ того же самаго порядка [1]).

§ 22. Еще и до сихъ поръ далеко не разрѣшены вопросы зависимости между скоростью электроновъ и степенью іонизаціи тѣхъ газовъ, черезъ которые они проходятъ.

Если вопросъ объ іонизаціи газовъ посредствомъ α-лучей подвинулся уже такъ далеко, что послѣ работъ Брэгга и Климана [2]) и самыхъ недавнихъ работъ Гайгера [3]) можно себѣ выяснить явленіе іонизаціи газа, когда черезъ него проходятъ альфа частицы и вывести нѣкоторыя интересныя соотношенія между степенью іонизаціи и скоростью, то этого нельзя еще сказать относительно бэта лучей.

Таунзендъ [4]) даетъ указаніе на то, что количество образуемыхъ іоновъ на единицѣ пути сначала увеличивается со скоростью электрона, а потомъ, достигнувъ нѣкотораго максимума, снова начинаетъ падать съ дальнѣйшимъ увеличе-

1) Сравни J. J. Thomson: Conduction of Electricity through gases, II edition, 1906, p. 380.

2) Bragg und Kleemann, Phil. Mag. 1904. Декабрь.

3) H. Geiger, Proc. Roy. Soc. Vol. 83, A, 1910, 492 и 505.

4) J. S. Townsend. Phil. Mag. Febr. 1901.

ніемъ скорости. Дёракъ [1]) сдѣлалъ попытку опредѣлить количество іоновъ, образуемыхъ электронами радія въ воздухѣ.

На основаніи своихъ опытовъ авторъ приходитъ къ заключенію, что электроны радія, обладающіе такой значительной скоростью, равной почти половинѣ скорости свѣта, являются сравнительно слабыми іонизаторами. Для объясненія этихъ явленій приходится допустить то же самое, что указываетъ Гайгеръ относительно альфа частицъ: количество іоновъ, производимыхъ на единицѣ пути прямо пропорціонально затратѣ энергіи движущейся альфа частицы; а эта затрата энергіи пропорціональна времени для совершенія данной работы.

Подобное объясненіе вполнѣ приложимо и къ бэта частицамъ. Степень іонизаціи, производимой ими въ газѣ, прямо пропорціональна затрачиваемой работѣ. При малыхъ скоростяхъ, однако же, необходимо имѣть въ виду одно свойство іоновъ — ихъ способность возсоединяться и образовать снова нейтральныя молекулы газа. Эта способность іоновъ къ возсоединенію растетъ по мѣрѣ того, какъ скорость летящаго электрона убываетъ (Климанъ). Такимъ образомъ, кривая зависимости между іонизаціей газовъ и скоростью летящихъ электроновъ имѣетъ нѣкоторый максимумъ; для слишкомъ большихъ или малыхъ скоростей степень іонизаціи уменьшается.

§ 23. Не безъинтересно знать, хотя приблизительно, то количество электроновъ, которое выдѣлялось даннымъ препаратомъ радія. Вопросъ о числѣ бэта частицъ, выдѣляемыхъ въ единицу времени радіемъ въ состояніи его радіоактивнаго равновѣсія былъ затронутъ еще Виномъ [2]). По количеству электрическаго заряда, несомаго бэта частицами отъ даннаго препарата радія въ единицу времени, Винъ приходитъ къ выводу, что одинъ граммъ бромистаго радія въ состояніи равновѣсія выдѣляетъ $0{,}66 \times 10^{10}$ бэта частицъ въ одну секунду; отсюда од. гр. чистаго радія выдѣляетъ въ одну секунду $1{,}13 \times 10^{10}$ бэта частицъ. Рудзерфордъ [3]) по-

1) J. J. E. Durack, Phil. Mag. July 1902; May 1903.

2) Wien, Phys. Zeit., 4, p 624, 1903.

3) E. Rutherford: Radioaktivität, 451, 1907.

вторилъ эти опыты въ условіяхъ болѣе безукоризненныхъ, чѣмъ Винъ; въ опытахъ Рудзерфорда медленно летящія бэта частицы, если и поглощались, то въ весьма незначительной степени, — и на основаніи своихъ опытовъ Э. Рудзерфордъ заключаетъ, что одинъ граммъ бромистаго радія въ состояніи радіоактивнаго равновѣсія въ одну секунду выдѣляетъ $4{,}1 \times 10^{10}$ бэта частицъ (одинъ граммъ чистаго радія $7{,}3 \times 10^{10}$). Наконецъ Макаверъ [1]) даетъ болѣе точное число бэта частицъ, выдѣляемыхъ радіемъ С въ одну секунду, если этотъ радій С находится въ состояніи радіоактивнаго равновѣсія съ однимъ граммомъ чистаго радія; число это равно $5{,}0 \times 10^{10}$.

Чтобы лучше сравнить указанныя выше данныя относительно числа бэта частицъ, выдѣляемыхъ радіемъ, мы должны ввести поправку на зарядъ электрона. И Винъ и Рудзерфордъ въ своихъ вычисленіяхъ пользовались величиной заряда (e) — $3{,}4 \times 10^{-10}$ электростатическихъ единицъ, приходящихся на каждую бэта частицу. По всѣмъ новѣйшимъ даннымъ эта величина несомнѣнно низка, и болѣе вѣроятной считается $4{,}65 \times 10^{-10}$ электростатическихъ единицъ.

Перечисливъ предыдущія данныя сообразно съ этой величиной, мы получаемъ тогда слѣдующее: одинъ граммъ чистаго радія въ одну секунду выдѣляетъ бэта частицъ:

по Вину	$0{,}86 \times 10^{10}$
по Рудзерфорду . . .	$5{,}34 \times 10^{10}$
по Макаверу (RdC) . .	$5{,}00 \times 10^{10}$

Число, данное Макаверомъ, относится къ количеству чистаго радія С, находящагося въ равновѣсіи съ однимъ граммомъ радія и продуктовъ его распада до радія С включительно.

Интересно сопоставить число альфа частицъ, высылаемыхъ радіемъ С съ числомъ бэта частицъ, выдѣляемыхъ тѣмъ же продуктомъ. По Рудзерфорду и Гайгеру [2])

1) Makower, Phil. Mag. January, 1909, [6], XVII, 171.
2) Proc. Roy. Soc. A, 81, (1908), 141.

радій C въ состояніи радіоактивнаго равновѣсія выдѣляетъ $3{,}4 \times 10^{10}$ альфа частицъ; а по Макаверу тотъ же радій C выдѣляетъ около $5{,}00 \times 10^{10}$ бэта частицъ за одну секунду. Естественно допустить отсюда, что при распадѣ атома радія C на одну альфа частицу приходится, по всей вѣроятности, одна, а не двѣ бэта частицы.

Вполнѣ возможно, что число бэта частицъ у радія B и E въ отдѣльности таково-же, какъ и у радія C; тогда общее количество бэта частицъ, вылетающихъ въ одну секунду изъ одного грамма радія въ состояніи его радіоактивнаго равновѣсія равно $3 \times 5{,}0 \times 10^{10}$ или 15×10^{10}; это число, по нашему мнѣнію, даетъ истинную величину числа электроновъ, выбрасываемыхъ всѣми продуктами дезинтеграціи радія.

Такъ какъ бэта лучи радія B весьма слабы и быстро поглощаются тонкими слоями вещества, то въ пучкѣ бэта лучей, прошедшихъ черезъ слюдяное окошко, находятся лучи, принадлежащіе только радію C и E. Если масса нашего препарата бромистаго радія равна 0·50 миллигр. то, принявъ предыдущія замѣчанія объ лучахъ радія B, получаемъ общее количество бэта частицъ равнымъ приблизительно 3×10^{7} въ одну секунду.

§ 24. Изъ опытовъ Дёрака[1]) вытекаетъ, что при давленіи въ 1 мм. каждая бэта частица на разстояніи 10 сант. производитъ приблизительно два іона.

Такъ какъ степень іонизаціи прямо пропорціональна давленію газа и количеству электроновъ, вступающихъ въ этотъ газъ, то ясно, что въ воздухѣ, находящемся подъ давленіемъ 760 мил., общее число электроновъ 3×10^{7} нашего препарата на разстояніи пути въ 10 сантиметровъ произведутъ число іоновъ, равное приблизительно 5×10^{10}.

Нашъ электроскопъ имѣлъ высоту около 4 сантиметровъ. Значитъ, на этомъ пути своего движенія электроны радія произведутъ іоновъ меньше, чѣмъ на пути въ 10 сантиметровъ. Отсюда общее количество іоновъ, образуемыхъ

1) Durack, Phil. Mag. [VI], 4, 1902, 29; и 5, 1903, 550.

въ одну секунду въ бэта электроскопѣ въ нашихъ опытахъ выражалось числомъ 10^{10}.

Всѣ указанные разсчеты даютъ только порядокъ величинъ какъ бэта частицъ, такъ и іоновъ, ими производимыхъ.

§ 25. Всѣ изслѣдователи, изучавшіе поглощеніе бэта частицъ въ матеріальныхъ тѣлахъ, останавливались на измѣненіяхъ коэффиціента поглощенія „λ“. Вообще было принято, что активность бэта лучей послѣ прохожденія ихъ черезъ тѣла уменьшается по экспоненціальному закону, что выражалось уравненіемъ:

$$J_t = J_0 \, e^{-\lambda t}$$

гдѣ J_0 — активность бэта лучей $\left(\text{въ } \frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$, свободно вступающихъ въ бэта электроскопъ; J_t — активность тѣхъ же лучей, проходящихъ черезъ нѣкоторое матеріальное тѣло; e — основаніе натуральныхъ логориѳмовъ; t — толщина проходимаго слоя въ cm. и λ — нѣкоторая постоянная, характерная для даннаго сорта бэта лучей и зависящая отъ природы поглощающаго тѣла. Эта постоянная — λ — называется коэффиціентомъ поглощенія и по отношенію къ ней лучи дѣлятся на слабо и сильно проницаемые. Болѣе плотныя тѣла поглощаютъ бэта частицъ больше, чѣмъ менѣе плотныя. Для примѣра приведемъ сравнительную таблицу (IV) величинъ λ для бэта лучей актинія урана и радія.

Въ первыхъ двухъ столбцахъ даны вещества и соотвѣтственно ихъ плотности; въ 3 — данныя Стрётта для бэта лучей радія, въ 4 и 5 — таковыя же данныя Рудзерфорда для урановыхъ и Годлевскаго для актиніевыхъ бэта лучей.

Въ этой таблицѣ сопоставлены коэффиціенты поглощенія трехъ различныхъ родовъ бэта лучей: изъ радія, урана и актинія, и для различныхъ поглощающихъ веществъ. Ясно, вопервыхъ, что для каждаго даннаго вещества коэффиціенты поглощенія не равны: они увеличиваются постепенно отъ радія къ актинію; во-вторыхъ, бэта лучи того-же самого радіоактивнаго тѣла имѣютъ различные коэффиціенты поглощенія въ различныхъ матеріальныхъ тѣлахъ. Чѣмъ тѣло плотнѣе, тѣмъ коэффиціентъ поглощенія больше; однако же нельзя утверждать, что существуетъ пропорціональность между коэффиціентомъ погло-

Таблица IV.

1.	2.	3.		4.		5.	
Вещество	Плотность d	Коэффиціенты поглощенія бэта лучей:					
		радія [1]),		урана [2]),		актинія [3]),	
		λ	λ/d	λ	λ/d	λ	λ/d
Аллюминій . . .	2.70	11.6	4.30	14.0	5.4	32.7	12.9
Слюда	2.78	10.8	3.94	14.2	5.1	33	12.0
Мѣдь	8.6	49.2	5.50	60	7.0	139	15.9
Олово	7.3	51.2	7.00	96	13.2	154	15.7
Свинецъ	11.5	62.5	5.48	12.2	10,8	163	14.1
Серебро	10.5	65.7	6.20	75	7.1	—	—
Желѣзо	7.8	52.2	7.76	44	5.6	—	—
Эбонитъ	1.14	4.77	4.18	6.5	5.7	—	—
Стекло	2.45	12.5	4.58	14.0	5.7	—	—

щенія и плотностью поглощающей среды. Въ указанной выше таблицѣ даны отношенія между коэффиціентомъ поглощенія, и плотностью — $\frac{\lambda}{d}$. Эти отношенія, хотя и не отличаются замѣтно одно отъ другого, тѣмъ не менѣе, онѣ далеки отъ того, чтобы ихъ назвать постоянными. Въ своемъ мѣстѣ — въ главѣ о зависимости между поглощеніемъ электроновъ и плотностью тѣлъ — мы коснемся этого вопроса еще ближе.

§ 26. До сихъ поръ большинство изслѣдователей принимало, что поглощеніе бэта лучей можетъ быть выражено указаннымъ выше (стр. 38) экспоненціальнымъ уравненіемъ:

$$J_t = J_0 e^{-\lambda t} \qquad (I)$$

Изъ этого уравненія легко опредѣлить коэффиціентъ поглощенія λ, такъ какъ:

$$\lambda = \frac{\lg J_0 - \lg J_t}{t} \qquad (II)$$

1) Strutt: Nature (1900), 61, p. 539.
2) Rutherford: die Radioactivität (1907), p. 141.
3) Godlewski: Phil. Mag. [6], 1905, 10, p. 375.

Этотъ коэффиціентъ поглощенія при измѣненіи толщины слоя долженъ былъ бы оставаться постояннымъ для даннаго рода бэта лучей и для даннаго абсорбирующаго матеріала, если только указанное выше уравненіе (I) примѣнимо.

Дѣйствительно, у нѣкоторыхъ радіоактивныхъ тѣлъ, какъ напримѣръ, у актинія[1]) и отчасти у урана, бэта лучи при поглощеніи въ матеріальныхъ тѣлахъ подчинялись указаннымъ выше уравненіямъ и ихъ коэффиціентъ абсорбціи былъ болѣе или менѣе постояннымъ. Другія же радіоактивныя тѣла: торій и радій обладали такимъ родомъ бэта лучей, что поглощеніе ихъ въ матеріальныхъ тѣлахъ нельзя было выразить какимъ-либо однимъ коэффиціентомъ, а приходилось допускать довольно значительныя границы измѣненій величины этого коэффиціента.

Отсюда явилось предположеніе, прочно утвердившееся потомъ въ научной литературѣ, что бэта лучи различныхъ радіоактивныхъ тѣлъ обладаютъ различной степенью однородности; причемъ, стало общимъ убѣжденіемъ многихъ изслѣдователей, что тѣ именно бэта лучи, у которыхъ коэффиціентъ поглощенія остается постояннымъ или измѣняется въ очень незначительныхъ предѣлахъ, тѣ лучи и являются однородными между собою; если же коэффиціентъ поглощенія (λ) постепенно измѣняется съ измѣненіемъ толщины абсорбирующаго слоя, то это значитъ, что первоначальный пучекъ бэта лучей заключаетъ въ себѣ ихъ различные сорта Отсюда, для нахожденія коэффиціента поглощенія каждаго сорта бэта лучей въ общемъ пучкѣ ихъ, предыдущее уравненіе (II) было измѣнено въ форму:

$$\lambda = \frac{\lg J_{t_1} - \lg J_{t_2}}{t_2 - t_1} \qquad \text{(II bis)}$$

гдѣ t_2 и t_1 — толщины (въ ст.) послѣдовательно увеличивающихся слоевъ; J_{t_1} и J_{t_2} — активности бэта лучей, проходящихъ черезъ соотвѣтственныя толщины слоевъ t_1 и t_2.

Неоднородность бэта частицъ объясняется очевидно ихъ различной скоростью. Въ зависимости отъ скорости и коэффиціентъ поглощенія бэта частицъ въ матеріальныхъ тѣлахъ

1) Godlewski: Phil. Mag. [6], 1905, X p. 375.

также различенъ. Дж. Дж. Томсонъ[1]) теоретически разобралъ зависимость между скоростью электроновъ и ихъ поглощеніемъ, и нашелъ, что коэффиціентъ поглощенія долженъ измѣняться обратно пропорціонально четвертой степени изъ скорости летящихъ электроновъ.

§ 27. Нѣкоторые авторы считаютъ, что однородность (гомогенность) бэта лучей, выдѣляемыхъ какимъ нибудь тѣломъ, является существеннымъ признакомъ гомогенности и самого тѣла, изъ котораго они выдѣляются[2]), и если коэффиціентъ поглощенія — λ остается постояннымъ для бэта лучей даннаго тѣла, то это ясное доказательство того, что это тѣло само по себѣ является радіоактивно-однороднымъ.

Такъ-ли это на самомъ дѣлѣ? Э. Рудзерфордъ[3]), впервые изучавшій коэффиціентъ поглощенія бэта лучей урана различными матеріальными тѣлами, пришелъ къ выводу, что бэта лучи урана представляются почти однородными.

Краузеръ[4]) также выходилъ изъ взгляда, что бэта лучи урана являются однородными и выбралъ ихъ для изученія зависимости между коэффиціентомъ поглощенія и плотностью химическихъ элементовъ.

Въ теченіе своихъ изслѣдованій онъ убѣдился, что показательный законъ для поглощенія бэта лучей не вполнѣ приложимъ особенно для тѣлъ съ высокимъ атомнымъ вѣсомъ; указанный авторъ склоненъ былъ объяснить отступленія отъ экспоненціальнаго закона тѣмъ предположеніемъ, что вторичное излученіе во многихъ случаяхъ является главнымъ источникомъ несогласія между опытными данными и вычисленіями коэффиціента поглощенія по экспоненціальному уравненію (II).

Ф. Содди[5]) недавно показалъ, что бэта лучи урана являются неоднородными, такъ какъ, не смотря на сильное магнитное поле, болѣе чѣмъ въ 6 тысячъ гауссовъ, нѣкоторыя бэта частицы не были еще вполнѣ отклонены.

---

1) J. J. Thomson: „Conduction of Electricity through Gases“, 2 edition, p. 377, Cambridge, 1906.

2) O. Hahn und L. Meitner: Phys. Zeitschr. (1908) p. 321.

3) Rutherford-Aschkinas: die Radioaktivität (1907) Berlin, p. 141.

4) J. A. Crowther, Phil. Mag. (1906) [6] 12, p. 379—392.

5) F. Soddy: ‚Le Radium‘ 1909, VI, p. 53.

Этотъ фактъ является рѣшающимъ доказательствомъ въ пользу того взгляда, что бэта частицы, вылетающія изъ одного и того же радіоактивнаго тѣла, имѣютъ различныя скорости.

Въ ряду урана до сихъ поръ извѣстенъ только одинъ членъ — Ur X, который выдѣляетъ изъ себя бэта лучи; если эти лучи, принадлежащіе радіоактивно-однородному тѣлу — Ur X, оказываются неоднородными по своимъ скоростямъ, а тѣмъ самымъ и по своимъ коэффиціентамъ поглощенія, то мы вправѣ допустить туже самую возможность и по отношенію къ остальнымъ бэта излучающимъ членамъ другихъ радіоактивныхъ семействъ и въ частности: радію B, C и E въ семействѣ радія. Сдѣлавъ такое допущеніе, мы необходимо приходимъ къ тому выводу, что изъ одного и того же радіоактивнаго атома въ моментъ его распада вылетаютъ электроны (бэта частицы) съ различными скоростями.

Если послѣдующія работы физиковъ и радіоактивистовъ еще больше утвердятъ насъ въ томъ предположеніи, что атомы химическихъ элементовъ построены изъ электроновъ, расположенныхъ концентрическими кругами вокругъ нѣкотораго центра, тогда указанный выше фактъ различныхъ скоростей бэта частицъ можно объяснить тѣмъ допущеніемъ, что при процессѣ распада вылетаютъ бэта частицы какъ изъ внѣшнихъ колецъ, такъ равно и изъ внутреннихъ; электроны, сорвавшіеся съ внѣшняго кольца, обладаютъ тогда иной скоростью, чѣмъ электроны съ внутренняго кольца.

Допустимо еще и второе объясненіе факта различія скоростей бэта частицъ изъ одного и того-же радіоактивно-однороднаго тѣла. Можно думать, что атомы, составляющіе данное тѣло, скажемъ къ примѣру Ur X, индивидуально различны; съ того же самого внѣшняго кольца двухъ сосѣднихъ атомовъ электроны срываются съ различными скоростями, въ зависимости отъ запасовъ внутри-атомной энергіи, принадлежащей тому или другому атому.

Если принять это допущеніе, тогда придётся ограничить понятія объ однородности атомовъ одного и того же радіоактивнаго элемента; въ противовѣсъ этому придется признать индивидуальныя различія между атомами: данный радіоактивный элементъ состоитъ изъ атомовъ, характеризующихся одними и тѣми же химическими реакціями, но

различающихся между собою запасами своей внутри-атомной энергіи, или иначе возрастомъ своей жизни.

§ 28. Въ самое послѣднее время появились работы У. Уильсона [1]), касающіяся поглощенія бэта частицъ радія въ твердыхъ тѣлахъ. Указанный авторъ сосредоточилъ свое вниманіе на зависимости между скоростью бэта частицъ и ихъ поглощаемостью; на основаніи своихъ опытовъ Уильсонъ приходитъ къ выводу, что поглощеніе однородныхъ бэта частицъ радія выражается линейнымъ уравненіемъ, а не показательнымъ, какъ это предполагали раньше.

Въ магнитномъ полѣ разной интенсивности онъ отбиралъ бэта частицы радія съ опредѣленной скоростью и пропускалъ ихъ черезъ слой аллюминія различной толщины. Поглощеніе бэта частицъ радія изучалось по степени іонизаціи газа въ бэта электроскопѣ.

Какъ результатъ своихъ опытовъ Уильсонъ выражаетъ соотношеніе между іонизаціей газа и толщиной поглощающаго тѣла въ такомъ видѣ:

$$J = K\,(a-x), \qquad (I)$$

гдѣ J — іонизація газа $\left(\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$, x — толщина слоя въ ст.; k и a нѣкоторыя постоянныя; a — это такая толщина слоя, при которой іонизація газа подъ вліяніемъ бэта частицъ становится равной нулю, потому что при (a—x) = 0, J также равно 0; другая постоянная k опредѣляется изъ указаннаго выше уравненія, когда на пути бэта частицъ нѣтъ никакой преграды:

$$J = ka \qquad (I\ bis)$$

при чемъ ka будетъ служить тогда мѣрой начальной іонизаціи.

Что же касается показательнаго уравненія:

$$J_t = J_0\, e^{-\lambda t},$$

то примѣненіе его, по мнѣнію Уильсона, возможно только въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ находится смѣшанный пучокъ бэта частицъ, обладающихъ различными скоростями. Этотъ взглядъ

1) W. Wilson: Proc. Boy. soc. A. Vol. 82, p. 612, A. Vol. 84, p. 142.

Уильсона діаметрально противоположенъ взгляду другихъ изслѣдователей. На работу У. Уильсона появились возраженія со стороны О. Гана и Л. Мейтнеръ [1]), которые отстаиваютъ прежній взглядъ экспоненціальной зависимости между поглощеніемъ и іонизаціей. Полемика по этому вопросу далеко не закончена еще и до сихъ поръ [2]); въ ней приняли участіе Шмидтъ [3]), Краузеръ [4]) и другіе.

§ 29. Мы остановились болѣе подробно на этомъ отдѣлѣ нашего изслѣдованія потому, чтобы наглядно показать необходимость новыхъ, другихъ методовъ изученія сложныхъ зависимостей между поглощеніемъ бэта частицъ и толщиной поглощающей среды.

Вычисленія коэффиціента поглощенія λ, какъ мы видѣли это выше, не имѣетъ общаго примѣненія ко всякаго рода бэта лучамъ. Можно сказать, что экспоненціальный законъ зависимости между поглощеніемъ и толщиной отчасти приложимъ къ бэта лучамъ: урана X [5]), радія E [6]) и актинія [7]). Для большинства другихъ бэта излучающихъ тѣлъ этотъ законъ оказался неприложимымъ.

Остановимъ еще вниманіе на томъ фактѣ, что величина коэффиціента поглощенія — λ — для одного и того же рода бэта лучей, для одного и того же поглощающаго тѣла зависитъ отъ условій опыта [8]). Если бы даже выбраны были одни и тѣ же методы измѣренія поглощенія (напримѣръ по способу іонизаціи), то и тогда нельзя еще ожидать точнаго совпаденія величинъ — λ — у двухъ различныхъ изслѣдователей. Очевидно, разстояніе между электроскопомъ и излучающимъ радіоактивнымъ тѣломъ имѣетъ нѣкоторое вліяніе на величину коэффиціента поглощенія — λ. Кромѣ того, сложныя группы бэта лучей, выдѣляемыхъ одновременно нѣсколькими бэта излучающими тѣлами (какъ это обычно бываетъ при употребленіи препаратовъ, находящихся въ со-

1) O. Hahn und Lise Meitner, Physik. Zeitschr. 1909, 10 p. 948.
2) W. Wilson, Physik. Zeitschr. 1910, XI, p. 101.
3) Schmidt, Phys. Zeit. 1910, April, 262.
4) Crowther, Proc. Roy. Soc. A, 84, 226.
5) W. Schmidt, Physik. Zeits. (1909) Январь, p. 6 и Декабрь, p. 929.
6) W. Schmidt, Physik. Zeits. V. 8 (1907), 361.
7) Godlewski, Phil. Mag. [6], 1905, X. p. 375.
8) W. Schmidt, Phys. Zeits. (1909), Декабрь, p. 929.

стояніи радіоактивнаго равновѣсія) будутъ имѣть различные коэффиціенты поглощенія. Вотъ почему мы отказались совершенно отъ мысли изучать поглощеніе бэта лучей въ жидкихъ тѣлахъ по способу опредѣленія коэффиціента поглощенія — λ.

Глава V.

Отношеніе между бэта и гамма лучами.

§ 30. Въ началѣ нашей работы одной изъ главныхъ цѣлей, между прочимъ, было сравненіе между собою явленій поглощенія бэта частицъ какъ въ тѣлахъ твердыхъ, такъ и въ жидкихъ, въ частности въ растворахъ.

Вліяетъ-ли аггрегатное состояніе тѣлъ на величину коэффиціента поглощенія? Приложимы-ли къ жидкимъ тѣламъ тѣ же самые законы поглощенія, которые извѣстны для тѣлъ твердыхъ?

Такъ какъ между твердыми тѣлами поглощеніе бэта лучей больше всего изучено на металлахъ и въ частности на аллюминіѣ, то естественно, мы начали сравненіе поглощеній бэта лучей растворами съ таковымъ же поглощеніемъ въ аллюминіѣ.

Источникомъ бэта лучей на первыхъ порахъ нашихъ опытовъ служилъ Ur_3O_8; извѣстно, что экспоненціальный законъ поглощенія, хотя и не вполнѣ, но все же приложимъ по отношенію къ этимъ бэта лучамъ. Если на одной и той же діаграммѣ представить одновременно активности бэта лучей въ зависимости отъ толщины слоя какъ для аллюминія, такъ и для раствора, то невольно бросается въ глаза сравнительная оцѣнка поглощенія тѣмъ и другимъ; кривыя зависимости между активностью и толщиной слоя имѣли одинаковый видъ, какъ у аллюминія, такъ и у раствора.

Отсюда самъ собою явился методъ сравненія поглощеній бэта лучей жидкими тѣлами съ таковымъ же поглощеніемъ въ аллюминіѣ. Этотъ методъ даетъ возможность выражать

поглощеніе бэта частицъ въ обозначеніяхъ аллюминія (ст.), совершенно независимо отъ коэффиціента поглощенія λ.

Бэта лучи урана являются весьма малоактивными по сравненію съ радіевыми; кромѣ того, активное вещество Ur_3O_8 занимало довольно значительную площадь около 30 квадратныхъ сантиметровъ, и соотвѣтственно этому требовался большой бэта электроскопъ, въ которомъ „естественная утечка“ доходила до значительной величины; при малыхъ активностяхъ, которыми обладаетъ уранъ, поправка на такую утечку составляетъ уже значительный процентъ. Но разъ опыты сравненія поглощеній въ обозначеніяхъ аллюминія даютъ возможность обойтись безъ вычисленій коэффиціента поглощенія λ, вполнѣ понятно, что это самое сравненіе можно распространить и на тѣ случаи, гдѣ находятся завѣдомо неоднородные (гетерогенные) бэта лучи. Итакъ, источникъ радіаціи былъ замѣненъ бромистымъ радіемъ (·52 милл. гр.), площадь излученія котораго равна была 0·8 см.^{2}; соотвѣтственно тому и бэта электроскопъ измѣненъ на другой, размѣры котораго уже описаны выше (стр. „14, § 6“).

§ 31. Первый и важный вопросъ при пользованіи препаратомъ радія состоялъ, конечно, въ томъ, каково процентное отношеніе между бэта и гамма лучами (объ альфа частицахъ не можетъ быть рѣчи, такъ какъ всѣ онѣ поглощены тонкимъ слоемъ слюды, образующимъ окно въ капсюлѣ)?

Вопросъ этотъ легко рѣшить, если вспомнить свойства различной проницаемости бэта и гамма лучей.

По Э. Рудзерфорду[1]) проницаемость этихъ лучей стоитъ въ отношеніи 1 : 100.

Слѣдовательно, кривая зависимости активности отъ толщины слоя должна имѣть болѣе или менѣе замѣтный перегибъ въ той точкѣ, гдѣ прекращается дѣйствіе бэта лучей и гамма лучи остаются главнымъ источникомъ іонизаціи газа въ бэта электроскопѣ.

Такая кривая раздѣляется на двѣ части: первая половина принадлежитъ активности обоихъ родовъ лучей — бэта и гамма и вторая — однихъ только гамма лучей.

Предполагая безъ большой погрѣшности, что степень поглощаемости гамма лучей въ металлахъ не измѣняется

1) Rutherford-Aschkinas: „die Radioaktivität“, Berlin, p. 114.

въ обоихъ частяхъ кривой, легко можно вычислить отношеніе между бэта и гамма лучами въ начальномъ пучкѣ.

§ 32. Съ цѣлью точнаго опредѣленія этихъ отношеній между бэта и гамма лучами были поставлены опыты поглощенія обоихъ родовъ лучей четырьмя металлами: аллюминіемъ, мѣдью, оловомъ и свинцомъ.

Таблица V даётъ результаты измѣреній активности бэта и гамма лучей, прошедшихъ черезъ слои аллюминія различной толщины. Естественная утечка бэта электроскопа передъ началомъ опытовъ была 0.20 и послѣ окончанія 0.25 $\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}$. Начальная активность бромистаго радія, непокрытаго ни однимъ слоемъ аллюминія, въ абсолютныхъ числахъ равнялась въ началѣ опытовъ 410.59 и послѣ окончанія 410.40, то есть это измѣненіе составляетъ только 0·05 %.

Для сравненія всѣхъ активностей между собою въ зависимости отъ толщины поглощающаго слоя всѣ онѣ выражены въ указанной таблицѣ въ %, причёмъ начальная активность принята равной 100. Толщина аллюминіевыхъ листковъ опредѣлена взвѣшиваніемъ на точныхъ вѣсахъ большого количества этихъ листковъ (до 20) — и послѣдующимъ вычисленіемъ изъ формулы, связывающей площадь пластинокъ (она была одинакова у всѣхъ) и ихъ плотность (за плотность Al принято число 2·70). Пластинки, имѣвшія толщину болѣе, чѣмъ десятыя доли миллиметра, измѣрялись очень точнымъ винтомъ (Screw), на которомъ можно было отсчитывать тысячныя доли миллиметра.

Въ таблицѣ „V“ въ первомъ столбцѣ даны номера опытовъ, во 2-омъ J-активности бэта и гамма лучей, выраженныя въ %; въ третьемъ t — общая толщина слоя аллюминіевыхъ листковъ въ сантиметрахъ и въ четвертомъ коэффиціентъ поглощенія — λ, вычисленный для нѣсколькихъ точекъ кривой по формулѣ:

$$\lambda = \frac{\lg J_1 - \lg J_2}{t_2 - t_1},$$

гдѣ J_1 и J_2 — процентныя активности изъ двухъ сосѣднихъ опытовъ, а $(t_2 - t_1)$ — увеличеніе толщины аллюминіеваго слоя. Мы вычислили эти коэффиціенты для различныхъ

Таблица V.

Al; плотность — 2·70

1	2	3	4
№№	Активность $\left(\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$ въ %	Толщина въ cm.	Коэффиціентъ поглощенія $[\text{въ ст.}^{-1}]$
	J	t	λ cm.$^{-1}$
1	100.00	—	—
„	94·17	0·0009	[66·8] cm.$^{-1}$
„	89·12	0·0021	
„	85·57	0·0033	
5	85·17	0·0045	
„	79·25	0·0078	
„	75·25	0·0090	[42·8]
„	67·65	0·0135	
„	64·79	0·0156	
10	60.89	0·0180	
„	56·27	0·0234	[14·7]
„	49·37	0·0312	
„	43·16	0·0390	
„	38·23	0·0468	
15	34·43	0·0546	
„	31·53	0·0624	[11·3]
„	28·48	0·0702	
„	26·42	0.0780	
„	24·17	0·0858	
20	22·03	0.0936	
„	20·59	0·1014	[9·2]
„	19·35	0·1092	
„	17·98	0·1170	
„	16·88	0·1248	
25	15·85	0·1326	
„	15·06	0·1404	[6·7]
„	14·25	0·1482	
„	12·59	0.1702	
„	11·15	0·1922	
30	10·07	0·2142	
„	9·31	0·2362	[3·5]
„	8·62	0·2582	

30	8·16	0.2802	
„	7·81	0·3022	
35	7·47	0·3242	
„	7·22	0·3462	[1·6]
„	7·02	0·3682	
„	6·84	0·3902	
„	6·66	0·4122	
40	6·45	0·5324	
„	6·00	0·7782	
42	5·97	0·9002	[0·2]

точекъ кривой во-первыхъ для того, чтобы дать возможность сравнить результаты своихъ измѣреній съ таковыми же результатами другихъ изслѣдователей и во-вторыхъ для того, чтобы ближе оріентироваться въ той точкѣ перегиба, съ которой начинается одна только гамма активность. Толщина проходимаго слоя аллюминія (столбецъ 3-ій въ таблицѣ V) представляетъ собою суммарную толщину изъ всѣхъ взятыхъ листовъ. Ниже мы дадимъ размѣры толщины аллюминіевыхъ пластинокъ, употреблявшихся въ различныхъ опытахъ:

въ №№	2—5	включительно	каждый	листъ	0.0003 см.
„ „	6—9	„	„	„	0.0045 „
„ „	10—28	„	„	„	0.0078 „
„ „	29—40	„	„	„	0.0220 „
„ „	41—42	„	„	„	0.1220 „

§ 33. Для изученія измѣненій бэта и гамма активности при прохожденіи бэта и гамма лучей черезъ олово служила обыкновенная оловянная фольга. Изъ измѣреній площади одинаково приготовленныхъ оловянныхъ листовъ и потомъ по взвѣшиванію большого числа ихъ найдена толщина каждаго листа 0.0008 см., если плотность олова взять за 7.30. Величина естественной утечки электроскопа въ началѣ и концѣ опыта неизмѣнилась. Активность непокрытаго радія передъ опытами и по окончаніи ихъ измѣнилась на 0.1%. Въ таблицѣ „VI“ сведены результаты наблюденій: въ ней даны номера опытовъ (столбецъ I), активности въ % — J (2); общая толщина оловяннаго слоя — t (3); и, наконецъ, коэффиціентъ поглощенія — λ, вычисленный для различныхъ частей кривой (4).

Таблица VI.

Sn; плотность = 7.30.

1 №№	2 Активность въ $^0/_0$ $\left(\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$ J	3 Толщина въ см. t		4 Коэффиціентъ поглощенія въ см. $^{-1}$ λ
1	100·00	—		
„	83·28	0·0008	. . . .	[228·9]
„	73·55	·0017		
„	67·61	·0025		
5	56·84	·0042		
„	50·48	·0059		
„	44·45	·0076	. . . .	[74·8]
„	39·68	·0092		
„	35·80	·0109		
10	32·80	·0126		
„	29·94	·0143		
„	27·50	·0160	. . . .	[50·4]
„	24·64	·0185		
„	22·12	·0210		
15	20·18	·0235		
„	18·20	·0260		
„	16·78	·0286	. . . .	[31·3]
„	15·68	.0311		
„	14·49	·0336		
20	13·30	·0370		
„	12·34	·0403		
„	11·52	·0437	. . . .	[20·3
„	10·70	·0470		
„	10·14	·0504		
25	9·33	·0546		
„	8·81	·0588		
„	8·32	·0630	. . . .	[13·6
„	7·92	·0672		
„	7.54	·0722		
30	7·17	·0733		
„	6·79	·0840		
„	6·49	·0899	. . . .	[7·6
„	6·23	·0966		

30	5·95	·1050	
35	5.73	·1134	
„	5·57	·1260	
„	5·44	·1394	. . . . [1·8]
„	5·35	·1554	
„	5·18	·1730	
40	5.05	·1932	
41	4.93	·2134	. . . . [1·1]

Ex bibl. univ. Tart.

§ 34. Для измѣренія поглощенія бэта и гамма лучей мѣдью, употреблялись листы различной толщины:

въ опытахъ №№	2—25	включительно	каждый листъ	0·0017 см.
„ „ „	26—29	„	„ „	0·0013 „
„ „ „	30—40	„	„ „	0·0130 „

Изъ этихъ трехъ серій мѣдныхъ пластинокъ въ первыхъ двухъ (№№ 2—29) толщина каждой пластинки опредѣлена взвѣшиваніемъ; за плотность мѣди принято число 8·95.

Въ таблицѣ „VII“ остался прежній порядокъ обозначеній: №№ опытовъ (1); J— процентныя активности (2); t— общая толщина проходимаго мѣднаго слоя (3); и λ — коэффиціентъ поглощенія въ различныхъ частяхъ кривой (4).

§ 35. Таблица „VIII“ даетъ сводку результатовъ по поглощенію пучка бэта и гамма лучей свинцомъ. Степень поглощенія свинца сравнительно съ предыдущими металлами очень велика; намъ не удалось найти болѣе тонкихъ листовъ свинца, чѣмъ листы въ „0·11“ mm. толщины, и первый листъ свинца поглощаетъ уже значительную долю бэта частицъ, такъ что активность падаетъ до 25 % (смотри таблицу). Начальный коэффиціентъ поглощенія λ долженъ бы быть гораздо больше, чѣмъ 55.1, если бы удалось найти болѣе тонкіе листы свинца и свести разность ихъ (t_2—t_1) до незначительной величины. Толщина свинцовыхъ листовъ въ различныхъ серіяхъ опытовъ была различна:

въ опытахъ №№	2—16	включительно	каждый листъ	0·011 см.
„ „ „	17—20	„	„ „	0·012 „
„ „ „	21—23	„	„ „	0·165 „

Абсолютная величина активности бромистаго радія, непокрытаго свинцовымъ листомъ, до опытовъ и послѣ нихъ

Таблица VII.

Cu; плотность 8·95.

1	2	3	4
№№	Активность въ % $\left(\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$	Толщина въ см.	Коэффиціентъ поглощенія въ см.$^{-1}$
	J	t	λ
1	100·00	—	
„	76·02	0·0017	[157·5]
„	63·36	0·0035	
„	55·08	0·0052	
5	47·66	0·0070	
„	43·14	0·0087	
„	38·28	0·0104	[70·2]
„	34·73	0·0122	
„	31·84	0·0139	
10	29·29	0·0157	
„	26·29	0·0174	
„	24·57	0·0191	[39·8]
„	23·01	0·0209	
„	21·67	0·0226	
15	20·27	0·0244	
„	19·13	0·0261	
„	17·88	0·0278	[39·6]
„	16·84	0·0296	
„	16·02	0·0313	
20	15·12	0·0331	
„	14.57	0.0348	
„	13·89	0·0365	[28·1]
„	13·12	0·0383	
„	12·68	0·0400	
25	12·09	0·0418	
„	11·81	0·0430	
„	11·23	0.0455	[20·3]
„	10·76	0·0480	
„	9·90	0·0518	
30	8·39	0·0648	
„	7·40	0·0778	
„	6·82	0·0908	[6·2]

30	6·36	0·1038	
„	6·15	0·1168	
35	6·08	0·1298	
„	5·96	0·1558	[0·7]
„	5.77	0·1948	
„	5·33	0·2468	
„	5·10	0·3118	
40	4·84	0·4158	[0·5]

измѣнилась на сотыя доли $^0/_0$; естественная утечка бэта электроскопа остается все время постоянной $\left(0{\cdot}25\ \frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$.

§ 36. Графическое изображеніе результатовъ таблицъ, указанныхъ выше (V—VIII), представлено на діаграммѣ (Фиг. 4).

На оси абсциссъ отложены толщины проходимаго слоя металловъ (въ миллиметрахъ), и на оси ординатъ нанесены логариѳмы активностей бэта и гамма лучей, прошедшихъ черезъ соотвѣтственную толщу металла. У аллюминія и свинца измѣненіе активности прослѣжено до слоевъ, имѣвшихъ толщину около одного сантиметра, но на діаграммѣ части кривой далѣе, чѣмъ 0·65 сантим. не нанесены.

Для мѣди и олова кривыя прослѣжены соотвѣтственно до ·42 и ·23 сантим. толщины.

Активность бромистаго радія, непокрытаго ни однимъ слоемъ металла, для всѣхъ четырехъ металловъ принята за 100; слѣдовательно, логариѳмъ этой активности является общей точкой на оси ординатъ.

При общемъ взглядѣ на ходъ кривыхъ, изображающихъ зависимость между уменьшеніемъ активности и увеличеніемъ толщины проходимыхъ слоевъ, бросается въ глаза одинаковое свойство этихъ кривыхъ, именно: всѣ четыре кривыя вначалѣ быстро спускаются внизъ съ различной степенью выпуклости къ оси абсциссъ и потомъ пріобрѣтаютъ характеръ прямыхъ линій, почти параллельныхъ той же оси абсциссъ.

Такой ходъ кривыхъ вполнѣ понятенъ, если вспомнить, что начальныя части кривой представляютъ собой поглощеніе обоихъ родовъ лучей: бэта и гамма; при чемъ относительное количество поглощаемыхъ бэта лучей гораздо больше, чѣмъ такое же гамма лучей. По мѣрѣ того, какъ толщина проходимаго слоя увеличивается, мы доходимъ до такихъ

Таблица VIII.

Pb; плотность 11·38.

1 №№	2 Активность въ % $\left(\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$ J	3 Толщина въ см. t	4 Коэффиціентъ поглощенія въ см.$^{-1}$ λ
1	100·00	—	
„	24·75	0.011	[126·9]
„	14·91	·022	
„	11·12	·033	
5	9·34	·044	
„	8·34	·055	[10·4]
„	7·74	·066	
„	7·31	·077	
„	7·01	·088	
10	6·79	·099	[3·00]
„	6 58	·110	
„	6·44	·121	
„	6·21	·132	
„	6·00	·143	[3·00]
15	5·89	·154	
“	5·57	·176	
„	5·28	·200	
„	4·94	·236	[1·8]
„	4·62	·284	
20	4·11	·368	
„	3·46	·533	
„	2·98	·698	
23	2·54	·863	[0·9]

точекъ на кривой, гдѣ активность (измѣряемая по іонизаціи) обязана исключительно дѣйствію только гамма лучей.

§ 37. Если теперь эти конечныя части кривыхъ продолжимъ параллельно самимъ себѣ до ихъ пересѣченія съ осями ординатъ, тогда мы получимъ на осяхъ ординатъ величину гамма активности въ начальномъ пучкѣ бэта и гамма лучей.

Хотя поглощаемость гамма лучей съ величиной проходимаго слоя не такъ велика, какъ у бэта лучей, всё же

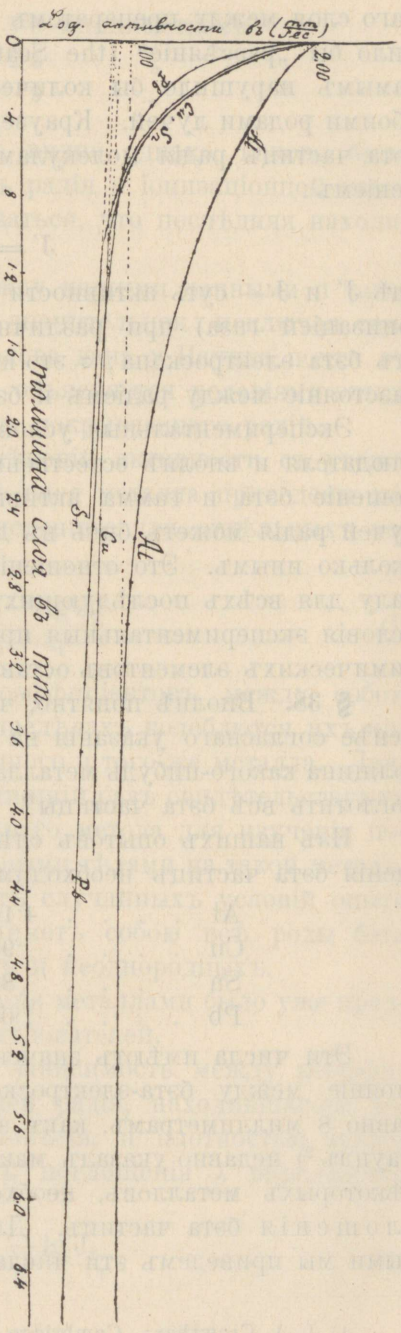
нѣкоторая ихъ фракція поглощается вмѣстѣ съ бэта лучами на первой части кривой, а потому кривыя гамма активностей, составленныя изъ конечныхъ частей, представленныхъ на діаграммѣ кривыхъ и ихъ продолженій, представляютъ собою не просто линіи параллельныя оси абсциссъ, а нѣсколько наклонныя къ ней подъ весьма незначительнымъ угломъ.

Продолженія гамма кривыхъ до оси ординатъ отсѣкаютъ на ней слѣдующія отрѣзки:

кривая	Al . .	6·66%
„	Cu . .	6·80%
„	Sn. . .	6.70%
„	Pb . .	6·79%
Среднее		6·74% ± 0·06.

Такимъ образомъ средняя величина гамма активности въ начальномъ пучкѣ бэта и гамма лучей равнялась 6·74%. Отсюда на долю бэта активности приходится 93·26%.

Конечно, это отношеніе между бэта и гамма лучами имѣетъ условное значеніе, — оно зависитъ отъ толщины слюдянаго окна, покрывающаго кристаллы бромистаго радія и отъ разстоянія бэта электроскопа отъ препарата. Увеличеніе воздуш-



Фиг. 4.

наго слоя между препаратомъ и бэта-электроскопомъ увеличило бы „разсѣяніе“ (the Scattering) бэта частицъ и тѣмъ самымъ нарушило бы количественное соотношеніе между обоими родами лучей. Краузеръ [1]) полагаетъ, что разсѣяніе бэта частицъ радія молекулами воздуха выражается уравненіемъ:

$$J' = Je^{-\sigma d}$$

гдѣ J' и J — суть активности препарата радія (измѣряемыя іонизаціей газа) при различныхъ разстояніяхъ препарата отъ бэта электроскопа; σ это коэффиціентъ разсѣянія и d — разстояніе между радіемъ и бэта электроскопомъ.

Экспериментальныя условія измѣняются у каждаго наблюдателя и вполнѣ естественно, что выведенное выше отношеніе бэта и гамма активности въ начальномъ пучкѣ лучей радія можетъ быть въ другихъ условіяхъ опыта нѣсколько инымъ. Это отношеніе однакоже сохраняетъ свою силу для всѣхъ послѣдующихъ нашихъ опытовъ, такъ какъ условія экспериментальныя при изслѣдованіи растворовъ и химическихъ элементовъ оставались всё время постоянными.

§ 38. Вполнѣ понятно, что нельзя получить болѣе или менѣе согласнаго указанія на вопросъ: какова предѣльная толщина какого-нибудь металла, необходимая для того, чтобы поглотить всѣ бэта частицы?

Изъ нашихъ опытовъ слѣдуетъ, что для полнаго поглощенія бэта частицъ необходимы такія толщины металловъ:

Al	4·10	миллиметровъ.
Cu	·90	„
Sn	·80	„
Pb	1·00	„

Эти числа имѣютъ значеніе въ томъ случаѣ, если разстояніе между бэта-электроскопомъ и препаратомъ радія равно 8 миллиметрамъ, какъ это было въ нашихъ опытахъ. Паундъ [2]) недавно указалъ максимальные предѣлы толщинъ нѣкоторыхъ металловъ, необходимыя для полнаго поглощенія бэта частицъ. Для сравненія съ нашими данными мы приведемъ эти числа:

1) J. A. Crowther: Cambridge Phil. Soc. XV, 1909 p. 377.
2) V. E. Pound: Phil. Mag. 1909 [6], XVII, 126.

для Al . . . . 7·0 миллиметровъ.
„ Sn . . . . 2·5 „
„ Pb . . . . ·9 „

Изъ описанія Паунда не видно однако, каково было разстояніе между препаратомъ радія и іонизаціонной камерой, — можно только догадываться, что послѣдняя находилась очень близко.

Какъ видно, разница между нашими данными и таковыми же Паунда — довольно значительная; исключая свинецъ, толщина аллюминія и олова дана у Паунда почти въ два раза больше; эта разница объясняется условіями опыта и толщиной слюдяного окошка, покрывающаго радій.

§ 39. Въ таблицахъ измѣненій активности съ увеличеніемъ толщины проходимаго слоя металла приведены коэффиціенты поглощенія, вычисленные для отдѣльныхъ частей кривой по формулѣ:

$$\lambda = \frac{\lg J_1 - \lg J_2}{t_2 - t_1} \qquad (I)$$

При сравненіи этихъ коэффиціентовъ между собою видно, въ какихъ широкихъ предѣлахъ колеблются ихъ численныя значенія даже для одного и того-же металла. Данныя этихъ таблицъ (V—VIII) лишній разъ свидѣтельствуютъ о необходимости измѣненія стараго метода для изученія поглощенія бэта лучей матеріальными тѣлами на такой методъ, который не будетъ зависѣть отъ случайныхъ условій опыта каждаго изслѣдователя и обниметъ собою всѣ роды бэта лучей, какъ однородныхъ, такъ и неоднородныхъ.

Поглощеніе бэта лучей радія металлами было уже предметомъ изученія другихъ изслѣдователей.

Такъ Стрёттъ [1]) изучалъ зависимость между коэффиціентомъ поглощенія бэта лучей радія, находившагося въ состояніи радіоактивнаго равновѣсія, и плотностью поглощающей среды; коэффиціентъ поглощенія λ опредѣленъ Стрёттомъ по формулѣ:

$$\lambda = \frac{\lg J_1 - \lg J_2}{t}, \qquad (II)$$

1) R. I. Strutt: Nature, 61, [1899—1900], p. 540.

такъ что начальная активность J_1, остается основной величиной, служащей для сравненія со всѣми другими при соотвѣтственномъ измѣненіи толщины t. Найденныя этимъ авторомъ значенія для коэффиціента λ вполнѣ входятъ въ предѣлы данныхъ нами значеній того же коэффиціента для сравниваемыхъ металловъ.

Далѣе, Ивъ[1]) вычислилъ также коэффиціенты поглощенія λ для различныхъ толщинъ аллюминія. Этотъ авторъ также вычислялъ коэффиціентъ поглощенія по принятой въ прежнее время формулѣ (II).

Принятый нами методъ для вычисленій коэффиціента поглощенія λ по формулѣ:

$$\lambda = \frac{\lg J_1 - \lg J_2}{t_2 - t_1}, \qquad \text{(I)}$$

имѣетъ то отличіе, что начальное значеніе активности J_1 не является постояннымъ для всѣхъ другихъ сравниваемыхъ активностей на всякой части кривой при безконечномалыхъ измѣненіяхъ толщины слоя $(t_2 - t_1)$; за начальное значеніе активности принимается такое, которое соотвѣтствуетъ меньшей толщинѣ проходимаго слоя; такимъ образомъ, наши вычисленія коэффиціента поглощенія производятся по уравненіямъ:

$$\lambda_1 = \frac{\lg J_1 - \lg J_2}{t_2 - t_1}$$

$$\lambda_2 = \frac{\lg J_2 - \lg J_3}{t_3 - t_2}$$

$$\lambda_3 = \frac{\lg J_3 - \lg J_4}{t_4 - t_3}$$

$$\lambda_n = \frac{\lg J_n - \lg J_{n+1}}{t_{n+1} - t_n} \qquad \text{(I bis)}$$

Если связь между активностью и поглощеніемъ бэта лучей вѣрно выражается показательнымъ уравненіемъ, то всѣ значенія коэффиціента поглощенія должны быть равны между собою, т. е. $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_n \ldots$, и кромѣ того, эти значенія должны быть тождественны независимо отъ того, по какой ихъ формулѣ вычислить, по (I) или по (II).

1) A. S. Eve, Phil. Mag. [6], VIII, (1904), p. 679.

Ниже мы сопоставимъ вмѣстѣ найденные различными изслѣдователями коэффиціенты поглощенія для однихъ и тѣхъ же металловъ:

Таблица IX.

	Бородовскій предѣлы λ	Стрёттъ	Ивъ
Al	66·8—1·6	11·6	6·5—1·6
Cu	157·5—6·2	49·2	—
Sn	228·9—7·6	51·2	—
Pb	[126·9]—3·0	62·5	—

Шмидтъ[1]) указываетъ также, что предѣльныя значенія коэффиціента поглощенія λ для аллюминія лежатъ въ границахъ $65 - 11{\cdot}6\ cm.^{-1}$

Общій выводъ изъ данныхъ таблицы IX таковъ: 1) найденныя нами значенія коэффиціента поглощенія бэта частицъ λ по формулѣ (I bis) колеблятся въ самыхъ широкихъ предѣлахъ и 2) значенія того же коэффиціента поглощенія λ, вычисленныя по формулѣ (II) Стрётомъ, Ивомъ и Шмидтомъ, входятъ въ предѣлы данныхъ нами значеній.

За послѣднее время указаны такія же отступленія въ отношеніи поглощенія и гамма лучей. Всѣ изслѣдователи[2]) послѣдняго времени вычисляютъ коэффиціентъ поглощенія гамма лучей по формулѣ (I bis).

§ 40. Для большей увѣренности въ своихъ измѣреніяхъ, передъ началомъ опытовъ по поглощенію бэта лучей радія жидкостями, мы поставили еще предварительные опыты по поглощенію „гомогенныхъ“ бэта лучей урана оловянной фольгой.

Бэта лучи урана были предметомъ многочисленныхъ изслѣдованій и на нихъ легко было провѣрить точность своихъ работъ.

Въ таблицѣ X сведены результаты наблюденій по поглощенію „гомогенныхъ“ бэта лучей урана оловянной фоль-

1) H. W. Schmidt: Jahrbuch d. Radioactivität und Electronik V, 1908, p. 464.

2) S. Tuomikoski, Phys. Zeit. 1909, 372—374;

гой; по примѣру предыдущихъ таблицъ въ ней даны послѣдовательные номера опытовъ (I столбецъ), процентныя активности лучей урана (2); толщины слоя оловянной фольги въ cm. (3); и, наконецъ, коэффиціентъ поглощенія, вычисленный по той же формулѣ, какъ и у другихъ изслѣдователей, когда

Таблица X.

1	2	3	4
№№	Активность въ $^0/_0$ $\left(\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$	Толщина въ см.	Коэффиціентъ поглощенія.
	J	t	λ^{-1} см.
1	100·00	—	—
„	92·73	0·0008	[94·4]
„	87·65	·0017	[77·6]
„	85·61	·0025	62·2*
5	82·34	·0033	58·9
„	77·54	·0042	61·4
„	75·14	·0050	56·5
„	72·89	·0059	55·0
„	69·55	.0067	54·4
10	66·06	.0076	54·6
“	63·74	.0084	54·3
“	56·90	.0101	55·7
„	52.76	.0118	54·3*
„	50·07	.0143	[48·4]
15	44·04	.0176	[46·9]
16	39·53	·0210	[44·3]
		Среднее	56·7

начальная активность принимается постоянной для сравненія съ активностями при всѣхъ другихъ измѣненіяхъ толщины слоя (4 столбецъ). При выводѣ средняго коэффиціента поглощенія мы взяли значенія этого коэффиціента, указанныя въ 4-омъ столбцѣ между звѣздочками (*).

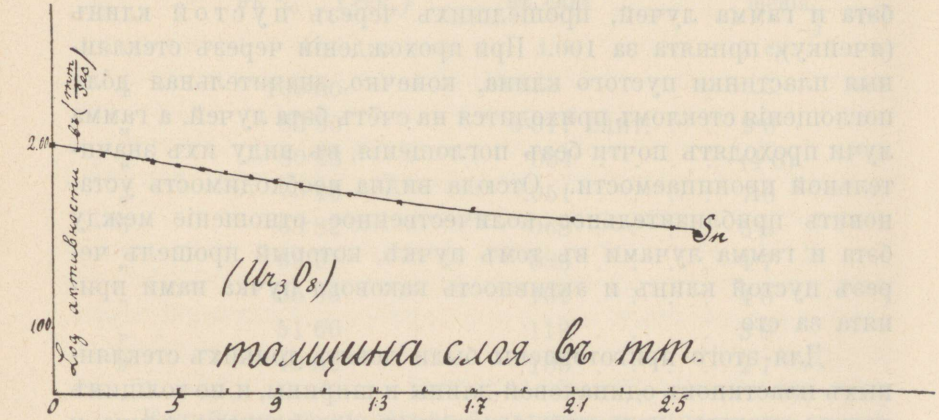
Колебанія этихъ значеній для отдѣльныхъ опытовъ объясняются легко тѣмъ, что оловянная фольга не представляетъ собою матеріала однородной толщины; толщина каждаго листа оловянной фольги вычислена изъ вѣса многихъ болѣе или менѣе однородныхъ листовъ, площадь которыхъ

была одинакова; за удѣльный вѣсъ олова принято число 7·30. Изъ этихъ опредѣленій получилась толщина каждаго листа оловянной фольги равной 0.00078 cm.

Средній коэффиціентъ поглощенія около 56.7 очень близко подходитъ къ коэффиціенту данному Шмидтомъ [1]), именно: 58,7; а коэффиціентъ поглощенія — 94.4, опредѣленный изъ перваго опыта, очень близко подходитъ къ величинѣ — 96, данной Э. Рудзерфордомъ [2]) и подтверждаемой Краузеромъ [3]).

Если вспомнить, что коэффиціентъ поглощенія зависитъ и отъ разстоянія между препаратомъ и бэта электроскопомъ, найденыя нами значенія этого коэффиціента согласуются вполнѣ удовлетворительно съ значеніями, указанными у другихъ авторовъ.

§ 41. Данныя таблицы „X“ графически представлены на діаграммѣ (см. Фиг. 5), гдѣ на оси ординатъ нанесены



Фиг. 5.

логариѳмы активностей бэта лучей урана, а на оси абсциссъ — толщина оловянной фольги въ mm.

Какъ изъ коэффиціента поглощенія λ, все болѣе и болѣе уменьшающагося по мѣрѣ возрастанія толщины слоя, такъ и изъ хода кривой на діаграммѣ видно, что и бэта лучи

1) H. W. Schmidt: Jahrb. der Radioaktivität und Electronik, V, (1908), p. 463.

2) Rutherford-Aschkinas: die Radioaktivität, (1907) p. 141.

3) J. A. Crowther: Phil. Mag. [6], VII, (1906) p. 385.

урана X являются неоднородными и не вполнѣ подчиняются закону экспоненціальной зависимости. Но ходъ кривой, равно какъ и величины коэффиціента поглощенія (λ) вполнѣ хорошо согласуются съ данными другихъ авторовъ, что даетъ намъ полную увѣренность въ томъ, что постановка нашихъ опытовъ вполнѣ вѣрна.

§ 42. Уже раньше было показано, что въ начальномъ пучкѣ бэта и гамма лучей, выходящихъ изъ бромистаго радія въ состояніи его радіоактивнаго равновѣсія, количество бэта лучей равно 93 % и гамма лучей 7 %.

Такъ какъ поглощеніе бэта лучей жидкостями можно изучать только въ стеклянномъ клинѣ или въ стеклянныхъ ячейкахъ, то ясно, что часть бэта лучей должна быть поглощена еще стеклянными пластинками, между которыми находится данный слой жидкости.

Во всѣхъ послѣдующихъ ниже измѣреніяхъ активность бэта и гамма лучей, прошедшихъ черезъ пустой клинъ (ячейку), принята за 100. При прохожденіи черезъ стеклянныя пластинки пустого клина, конечно, значительная дóля поглощенія стекломъ приходится на счётъ бэта лучей, а гамма лучи проходятъ почти безъ поглощенія, въ виду ихъ значительной проницаемости. Отсюда видна необходимость установить приблизительное количественное отношеніе между бэта и гамма лучами въ томъ пучкѣ, который прошелъ черезъ пустой клинъ и активность какового пучка нами принята за сто.

Для этого приготовлены были девять тонкихъ стеклянныхъ пластинокъ одинаковой длины и ширины, и по толщинѣ почти равныхъ толщинѣ пластинокъ стекляннаго клина и на нихъ изучено поглощеніе бэта лучей радія точно такъ же, какъ это было описано уже раньше при металлахъ: Al, Cu, Sn и Pb.

Ниже въ таблицѣ „XI“ сведены результаты этихъ наблюденій; активности даны въ %, при чемъ активность пучка лучей, совершенно непокрытыхъ ни однимъ слоемъ стекла, принята за сто (2). Толщины пластинокъ опредѣлены посредствомъ точнаго винта и провѣрены потомъ взвѣшиваніемъ (удѣльный вѣсъ стекла принятъ за 2.70); согласіе между обоими способами опредѣленія средней толщины каждой пластинки очень удовлетворительное; но тѣмъ же винтомъ

можно было доказать, что, вообще говоря, у каждой пластинки толщина въ различныхъ точкахъ неодинакова; этимъ и можно объяснить неравномѣрное паденіе величины активности при послѣдовательномъ утолщеніи слоя стекла; въ столбцѣ 3-емъ дана средняя толщина каждой пластинки; коэффиціентъ поглощенія вычисленъ по формулѣ (I)

$$\lambda = \frac{\lg J_1 - \lg J_2}{t_2 - t_1}$$

и значенія этого коэффиціента приведены въ столбцѣ 4. По мѣрѣ утолщенія стекляннаго слоя коэффиціентъ поглощенія все уменьшается.

Таблица XI.

1 №№	2 Активность въ % $\left(\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$ J	3 Толщина стекла въ сант. t	4 Коэффиціентъ поглощенія. λ см.$^{-1}$
1	100·00	—	—
„	85·80	0·017 сант. . .	9·0
„	80·23	·034	(4·0)
„	70·45	.051	7·6
5	63·82	·068	5·8
„	58·91	·085	4·7
„	55·06	·102	4·0
„	51·66	·119	3·8
9	49·32	·136	2·7

Еслибы мы располагали большимъ количествомъ такихъ пластинокъ, мы прослѣдили бы опять кривую до полнаго исчезновенія бэта активности и потомъ непосредственнымъ продолженіемъ кривой гамма активности до пересѣченія ея съ осью ординатъ нашли бы процентное отношеніе между бэта и гамма лучами для любой толщины слоя, слѣдовательно и для общей толщины обоихъ пластинокъ, составляющихъ стеклянный клинъ или стеклянную ячейку. Кривая поглощенія бэта и гамма лучей радія стекломъ не прослѣжена такъ далеко, какъ у металловъ, тѣмъ не менѣе на основаніи имѣющейся части можно установить искомое нами отношеніе между бэта и гамма активностью.

Пучёкъ лучей, прошедшій черезъ стеклянный клинъ, состоитъ изъ того же самого количества гамма лучей, какое было въ начальномъ пучкѣ, но изъ меньшаго количества бэта лучей. Такъ какъ нами принята за сто активность того пучка лучей, который прошёлъ черезъ пустой стеклянный клинъ, то ясно, что процентное отношеніе между бэта и гамма лучами иное, чѣмъ это было найдено въ начальномъ пучкѣ, незадерживаемомъ ни клиномъ, ни ячейкой. Изъ данныхъ выше измѣреній активностей при поглощеніи различными металлами было указано, что начальный пучекъ лучей радія состоитъ изъ 93% бэта лучей и 7% гамма лучей; такія же вычисленія относительно поглощенія стекломъ показываютъ, что пучекъ лучей, прошедшихъ черезъ пустой стеклянный клинъ, состоитъ изъ 88% бэта лучей и 12% гамма лучей. Въ пучкѣ лучей, прошедшихъ черезъ стеклянную ячейку, это отношеніе нѣсколько иное: бэта лучей 85% и гамма лучей 15%.

Всѣ эти данныя объ отношеніи бэта и гамма активностей выражены пока въ круглыхъ числахъ; ниже при описаніи опытовъ въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ будетъ указана болѣе точная величина отношенія между бэта и гамма лучами въ пучкѣ лучей, прошедшихъ черезъ тотъ или иной стеклянной клинъ, или ячейку.

§ 43. Гамма лучи почти не поглощаются даже самыми толстыми слоями растворовъ, которые мы изслѣдовали. Въ подтвержденіе этого мы можемъ привести слѣдующій опытъ. Препаратъ бромистаго радія былъ покрытъ свинцовымъ листомъ около 1.65 mm. толщины, — эта толщина, по нашимъ предыдущимъ опытамъ достаточна велика для того, чтобы задержать всѣ бэта лучи; поверхъ свинцовой пластинки надъ препаратомъ радія положенъ былъ еще стеклянный клинъ; въ него введенъ растворъ концентрированной сѣрной кислоты удѣльнаго вѣса 1,836 и послѣ этого была измѣрена активность гамма лучей, прошедшихъ различные слои раствора сѣрной кислоты. Опытъ показалъ, что гамма активность для самого тонкаго слоя сѣрной кислоты въ 0·05 сант. равна была 14·60 $\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}$ и для самаго толстаго слоя въ 0·22 сант. 14·58 $\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}$.

Отсюда ясно, что при измѣненіи активности бэта и гамма лучей, проходящихъ черезъ слои растворовъ, почти вся сумма этого измѣненія приходится на долю бэта частицъ; само собою понятно, что высказанное положеніе ограничивается предѣлами тѣхъ толщинъ растворовъ и жидкостей, съ которыми мы работали. Самые толстые слои растворовъ, измѣряемыхъ нами въ стеклянномъ клинѣ, были не болѣе 0.22 сант. и въ стеклянныхъ ячейкахъ около 0·24 сант. Удѣльные же вѣса растворовъ, вообще говоря, колеблются въ узкихъ предѣлахъ между 1 и 2; даже такія тяжелыя жидкости, какъ бромъ или іодистый метиленъ, взятыя въ самыхъ, толстыхъ слояхъ, не способны еще сколько нибудь замѣтно понизить количество гамма лучей, проходящихъ черезъ нихъ.

Глава VI.

Методъ сравнительнаго поглощенія бэта лучей въ терминахъ аллюминія.

§ 44. Выше было указано, что въ настоящее время является спорнымъ вопросъ о зависимости между поглощеніемъ бэта частицъ и ихъ способностью іонизаціи: одни, по прежнему, держатся взгляда, что такая зависимость хорошо выражается экспоненціальнымъ уравненіемъ; другіе ищутъ истиннаго выраженія этой зависимости въ линейномъ уравненіи. Въ виду спорности этихъ соотношеній между поглощеніемъ и іонизаціей мы отказались отъ стараго метода опредѣленія коэффиціента поглощенія послѣ прохожденія бэта частицъ черезъ матеріальную середину и выработали свой сравнительный методъ для изученія поглощенія. Сущность этого метода заключается въ слѣдующемъ: допустимъ, мы имѣемъ пучекъ лучей, проходящихъ черезъ слой жидкости; послѣ прохожденія активность этого пучка равна, положимъ, J_1. Замѣнимъ теперь слой жидкости слоемъ другого какого нибудь тѣла, скажемъ металла, и до-

ведемъ толщину этого слоя металла послѣдовательно до того, чтобы опять активность пучка лучей отъ того же самого препарата въ тѣхъ же самыхъ экспериментальныхъ условіяхъ стала опять равной J_1. Тогда ясно, мы имѣемъ передъ собой изъ двухъ различныхъ матеріаловъ два слоя, различные по своей толщинѣ, но одинаково способные понизить энергію начальнаго пучка до одной и той же степени активности. Отсюда мы имѣемъ право приравнять толщину одного изъ нихъ толщинѣ другого. Спрашивается теперь, какой можетъ быть самый лучшій матеріалъ, съ которымъ лучше всего было бы сравнить поглощеніе бэта частицъ другими тѣлами? Обычно вода является основнымъ веществомъ для сравненія многихъ физическихъ постоянныхъ другихъ тѣлъ. Въ этомъ случаѣ это вещество однако же является непригоднымъ во первыхъ потому, что это тѣло — неэлементарной природы, во-вторыхъ потому, что одна изъ составныхъ частей этого тѣла — именно водородъ обнаруживаетъ нѣкоторыя отступленія и при поглощеніи и при іонизаціи и, въ третьихъ, потому, что опыты сравненія поглощеній въ жидкости гораздо сложнѣе, чѣмъ въ твердыхъ тѣлахъ; а потому мы остановились на аллюминіѣ, какъ на основномъ матеріалѣ, съ которымъ можно сравнить всѣ другія тѣла въ отношеніи ихъ поглощенія. Техника послѣдняго времени дошла до того, что легко можно получить тонкіе почти однородные слои аллюминія толщиной около трёхъ микроновъ; такимъ образомъ самые тонкіе слои другихъ веществъ можно приравнять къ таковымъ же аллюминія и получить поглощеніе бэта частицъ въ обозначеніяхъ (въ терминахъ) аллюминія (въ сантиметрахъ). Для сравненія поглощеній бэта частицъ въ различныхъ средахъ необходимо придерживаться равныхъ экспериментальныхъ условій. Какъ въ одномъ, такъ и въ другомъ случаѣ необходимо сохранить ту же самую начальную активность; далѣе необходимо оставить то же самое расположеніе опыта, и, главное, разстояніе между центромъ излученія и бэта электроскопомъ и, наконецъ, одно и то же поперечное сѣченіе пучка проходящихъ лучей.

Практически всё это выполнялось такимъ образомъ: активность пучка бэта и гамма лучей, прошедшихъ черезъ пустой клинъ, принималась за сто. (Само собой понятно,

что стеклянный клинъ по всей своей длинѣ отъ одного конца до другого провѣренъ на толщину стеклянныхъ пластинокъ; пропуская пучекъ лучей черезъ различныя части клина, легко было убѣдиться, что активность пучка почти не измѣняется; отсюда можно заключить, что и толщина пластинокъ равномѣрна по всей длинѣ клина.) Между стеклянными пластинками клина вдвигаются одна за другой тонкія пластинки аллюминія и всякій разъ послѣ каждой пластинки измѣряется степень іонизаціи въ бэта электроскопѣ.

Послѣ аллюминія, оставляя тоже самое расположеніе приборовъ, въ стеклянный клинъ вводится изслѣдуемый растворъ и, передвигая клинъ надъ центромъ радіаціи, мы получаемъ активности бэта и гамма лучей, проходящихъ черезъ различныя толщи жидкаго слоя. Данныя измѣренія вычерчиваются на миллиметровой бумагѣ въ большомъ масштабѣ: на оси ординатъ откладываются активности $\left(\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$ бэта и гамма лучей и на оси абсциссъ толщины проходимыхъ слоевъ (въ миллиметрахъ для бо́льшей краткости). На этихъ кривыхъ легко сравнить между собою равно поглощающія толщины слоевъ: аллюминія и изслѣдуемаго раствора, — для этого необходимо провести линію параллельную оси абсциссъ; точка пересѣченія ея съ каждой кривой даетъ для одной и той же активности эквивалентныя толщи проходимыхъ слоевъ; по этой графической интерполяціи мы можемъ выразить толщину слоя раствора въ равновеликой толщинѣ слоя аллюминія (въ сантиметрахъ). Сдѣлавъ эту интерполяцію для нѣсколькихъ точекъ, мы получаемъ цѣлый рядъ чиселъ, гдѣ послѣдовательно утолщающимся слоямъ какого-нибудь раствора соотвѣтствуютъ слои аллюминія.

Изъ этихъ данныхъ можно получить новую вторую серію кривыхъ; для этого на оси абсциссъ, какъ и раньше, отложимъ толщины различныхъ слоевъ раствора, а на оси ординатъ равнопоглощающія толщины аллюминія. Такъ какъ каждому слою аллюминія, соотвѣтствуетъ своя опредѣленная степень поглощенія энергіи пучка лучей, то откладываемыя на осяхъ ординатъ толщины аллюминіевыхъ слоевъ выражаютъ собою ничто иное, какъ поглощеніе въ обозначеніяхъ аллюминія. Увеличеніе толщины слоя вызываетъ соотвѣтственное увеличеніе количества поглощаемыхъ

лучей; указанный методъ сравненія не касается вопроса о природѣ этой зависимости и кривая, выражающая зависимость между толщиной проходимаго слоя и величиной поглощенія лучей, для самого аллюминія изображается въ видѣ прямой линіи, разсѣкающей пополамъ уголъ при началѣ координатъ, если только на координатныхъ осяхъ откладывать одинаковые отрѣзки и для толщины проходимыхъ слоевъ, и для поглощенія въ терминахъ аллюминія (въ cm.). [Ниже, во всѣхъ діаграммахъ мы предпочли однакоже для большей точности отлагать поглощеніе въ терминахъ аллюминія на осяхъ ординатъ въ сравнительно бо́льшемъ масштабѣ, чѣмъ соотвѣтственные отрѣзки толщинъ на осяхъ абсциссъ]. Вычерчивая на той же діаграммѣ зависимость между толщиной слоя и поглощеніемъ бэта лучей въ терминахъ аллюминія для различныхъ слоевъ какой-нибудь жидкости, мы получаемъ рядъ новыхъ кривыхъ, болѣе или менѣе приближающихся къ прямымъ линіямъ, какъ и у аллюминія. Наглядным сравненіемъ всѣхъ кривыхъ между собою и съ кривой аллюминія легко найти тождество или отступленіе у искомыхъ зависимостей.

§ 45. Необходимо указать на то, что методъ сравнительнаго поглощенія *не зависитъ* отъ скорости бэта частицъ. Для растворовъ NaCl и KCl, равно какъ и для порошковъ этихъ солей были поставлены опыты поглощенія бэта лучей съ различными скоростями.

Первые опыты были произведены въ такихъ условіяхъ: препаратъ бромистаго радія былъ покрытъ аллюминіевой пластинкой въ „1·6“ mm. толщины. При этомъ, конечно, сравнительно большой процентъ медленно движущихся частицъ отфильтрованъ отъ остального пучка аллюминіемъ; относительный процентъ гамма лучей при этомъ, конечно, увеличился; для такого пучка лучей, профильтрованнаго черезъ аллюминіевую пластинку, были получены данныя измѣненія активности съ увеличеніемъ толщины слоевъ какъ растворовъ указанныхъ солей, такъ и самого аллюминія.

На основаніи этихъ данныхъ потомъ были вычерчены кривыя активностей (первая серія кривыхъ) въ зависимости отъ толщины слоя; по нимъ, затѣмъ, получены поглощенія въ терминахъ аллюминія для равномѣрно утолщающихся слоевъ растворовъ, — и вмѣстѣ съ тѣмъ, вторая серія кри-

выхъ, изображающая зависимость поглощенія отъ толщины слоя раствора.

Послѣ того, какъ покрывающая радій аллюминіевая пластинка была удалена, еще разъ повторены всѣ предыдущіе опыты и снова были получены опять двѣ серіи кривыхъ, изображающихъ съ одной стороны зависимость между измѣненіемъ активности и толщиной, и съ другой стороны — зависимость между поглощеніемъ бэта частицъ и толщиной слоя. Само собой понятно, что въ этомъ послѣднемъ опытѣ еще разъ получены данныя для самого аллюминія и на основаніи этихъ данныхъ изображена кривая, служившая для сравненія съ таковыми же кривыми для растворовъ.

Конечно, абсолютныя числа активностей, полученныхъ изъ перваго опыта, когда радій былъ покрытъ аллюминіемъ, разнились отъ соотвѣтственныхъ данныхъ, полученныхъ изъ второго опыта, но величина относительнаго поглощенія (объ этомъ подробнѣе ниже) осталась въ обоихъ случаяхъ одна и таже.

Отсюда прямой выводъ — сравнительный методъ изученія поглощенія бэта частицъ не зависитъ отъ ихъ скорости, и слѣдовательно его можно одинаково приложить какъ къ однороднымъ, такъ и къ неоднороднымъ бэта лучамъ.

Пользуясь этимъ методомъ сравненія, мы поставили цѣлью своего изслѣдованія слѣдующіе вопросы: 1) есть-ли что-нибудь особенное въ поглощеніи бэта частицъ жидкостями по сравненію съ такимъ же поглощеніемъ бэта частицъ твердыми тѣлами? 2) какова зависимость поглощенія бэта частицъ отъ плотности поглощающей среды? 3) вліяетъ-ли физическое и химическое состояніе тѣлъ на характеръ поглощенія? 4) вліяетъ-ли на величину поглощенія масса атома химическаго элемента?

Съ каждымъ изъ указанныхъ вопросовъ связано еще нѣсколько другихъ побочныхъ, которые мы попутно разбираемъ ниже въ соотвѣтствующихъ главахъ.

Глава VII.

Поглощеніе бэта лучей радія въ зависимости отъ толщины поглощающаго слоя.

§ 46. Вліяетъ-ли аггрегатное состояніе тѣлъ на величину поглощенія электроновъ? Н. Кэмпбэллъ[1]) въ цитированной уже статьѣ сдѣлалъ попытку опредѣлить поглощеніе бэта лучей урана водой и парафиномъ, взятыми какъ въ твердомъ такъ и въ жидкомъ видѣ. На этотъ разъ Кэмпбэллъ не пользовался фильтровальной бумагой для полученія жидкаго слоя, и результаты его опытовъ заслуживаютъ вниманія; указанный авторъ приходитъ къ выводу, что поглощеніе электроновъ урана не зависитъ отъ измѣненія аггрегатнаго состоянія тѣлъ; жидкій парафинъ поглощаетъ такое же количество бэта лучей, какъ и твердый.

На основаніи нашихъ опытовъ, приводимыхъ ниже, этотъ выводъ можно распространить еще и на электроны радія и высказать его въ общемъ видѣ: поглощеніе бэта частицъ жидкими тѣлами вполнѣ аналогично поглощенію тѣлами твердыми.

Измѣренія величины поглощенія бэта частицъ въ зависимости отъ толщины поглощающаго слоя произведены были въ стеклянномъ клинѣ и въ ячейкахъ.

§ 47. Для сравнительнаго изученія поглощенія бэта частицъ слоями аллюминія и растворовъ необходимо было имѣть одинаковыя экспериментальныя условія.

Активность пучка бэта и гамма лучей, проходящихъ черезъ пустой стеклянный клинъ, принята за сто. Вдвигая въ клинъ между его стеклянными пластинками аллюминіевые листы вполнѣ опредѣленной толщины и измѣряя всякій разъ активность лучей, проходящихъ различныя толщи аллюминія, мы получаемъ тѣ основныя данныя, съ которыми потомъ сравниваемъ поглощеніе тѣхъ же бэта частицъ различными слоями растворовъ.

---

[1]) N. Campbell, Phil. Mag. XVII, [6], 1909, 189.

Гамма лучи въ общемъ пучкѣ лучей, прошедшихъ черезъ пустой клинъ, составляютъ 11·72 %, и, значитъ, на долю бэта частицъ остается: 88·28 %. Ниже въ таблицѣ „XII“ сведены данныя измѣненія активности съ утолщеніемъ аллюминіеваго слоя. Въ первомъ столбцѣ приведены номера отдѣльныхъ опредѣленій; во второмъ t — толщина аллюминіевыхъ листовъ въ cm. и въ третьемъ J — активности $\left(\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$ въ %. Аллюминіевые листы имѣли толщину 0·0078 сант. (опредѣлено по способу взвѣшиванія многихъ пластинокъ; удѣльный вѣсъ Al принятъ за 2·70). Каждый опытъ представляетъ собою измѣренія активности при утолщеніи на одинъ такой листъ (0·0078 сант.) и только въ опытахъ

Таблица XII.

1	2	3
№№	t, толщина слоя Al въ cm.	J, активность въ %
1	0·0000 cm.	100·00 %
„	0·0078	90·92
„	·0156	83.20
„	·0234	76·77
5	·0312	70·74
„	·0390	65·58
„	·0468	61.37
„	·0546	57·03
„	·0624	53·75
10	·0702	50·54
„	·0780	47·88
„	·0858	45·26
„	·0936	43·16
„	·1014	41·07
15	·1092	39·11
„	·1170	37·31
„	·1326	34·83
„	·1482	32·42
19	·1702	29·46

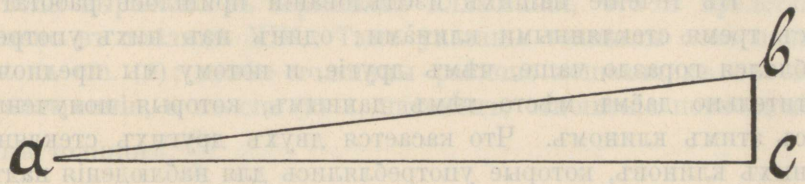
17 и 18 одновременно наложены по два аллюминіевыхъ листа указанной выше толщины; а въ опытѣ 19 прибавленъ листъ толщиной .022 сант. Тѣ же самыя, какъ у аллюминія, одинаково сравнимыя условія опыта остались при изслѣдованіи воды и растворовъ: $CaCl_2$, $SrCl_2$, тростниковаго сахара и глицерина. Ясно, что и кривая зависимости между активностью и толщиной аллюминіеваго слоя нанесена на всѣхъ діаграммахъ рядомъ съ кривыми указанныхъ выше растворовъ. Что касается растворовъ сѣрной кислоты, хлоридовъ натрія и калія и, наконецъ, ихъ сухихъ порошковатыхъ солей, то для ихъ изслѣдованія служили другія стеклянные клины и, конечно, данныя тѣхъ измѣреній сравнены всякій разъ съ другими основными кривыми аллюминія, полученными въ новыхъ условіяхъ опыта. Не желая затруднять читателя множествомъ сюда относящихся таблицъ, мы рѣшили привести только одну таблицу измѣреній активности бэта частицъ въ зависимости отъ толщины аллюминіеваго слоя. Для всякаго новаго клина или вновь взятой ячейки всегда дѣлались новыя опредѣленія измѣненій активности бэта частицъ въ зависимости отъ толщины аллюминіеваго слоя. Эти данныя служили потомъ для построенія основныхъ кривыхъ, съ которыми сравнивались различныя толщины растворовъ. Ниже — на фигурахъ нанесены основныя кривыя аллюминія, съ которыми сравнивались кривыя растворовъ, но таблицы, имъ соотвѣтствующія, опущены, кромѣ таблицы XII.

§ 48. Раньше было указано, что для опредѣленія толщины слоя раствора въ клинѣ необходимо было знать: положеніе стекляннаго клина надъ источникомъ радіаціи; далѣе, разстояніе жидкаго слоя отъ той части клина, гдѣ его стеклянныя пластинки соприкасаются (верхушка клина); толщину раздвига на противоположномъ концѣ клина (основаніе клина) и, наконецъ, разстояніе между верхушкой и основаніемъ клина. Всѣ эти данныя измѣрялись точно.

На прилагаемомъ рисункѣ (см. Фиг. 6) дано продольное сѣченіе стекляннаго клина и указаны главнѣйшіе элементы для необходимыхъ вычисленій толщины жидкаго слоя.

Вершина клина, гдѣ стеклянныя пластинки соприкасаются между собою, обозначена буквой a и основаніе клина (величина раздвига) буквами b c; Въ большинствѣ измѣ-

реній длина клина — ac равнялась 12·8 см.; величина раздвига при основаніи, т. е. линія b c = 0·282 сант. Отсюда



Фиг. 6.

легко вывести, что при продольномъ движеніи клина надъ источникомъ радія каждое перемѣщеніе въ одинъ сантиметръ соотвѣтствовало утолщенію жидкаго слоя на 0·0217 см.

§ 49. Вода была предметомъ многочисленныхъ и тщательныхъ измѣреній на поглощеніе бэта частицъ въ зависимости отъ толщины слоя; всякое изслѣдованіе серіи растворовъ одного и того-же тѣла начиналось непремѣнно съ

Таблица XIII.

№№	t, Толщина слоя воды	J Активность въ %
1	0·039 сант.	87·26
„	·061 „	79·54
„	·083 „	72·55
„	·104 „	66·85
5	·126 „	62·45
„	·148 „	58·65
„	·169 „	54·85
„	·191 „	51·90
9	·208 „	49·36

изслѣдованія чистой воды, — только при точномъ согласіи новыхъ измѣреній съ полученными ужѐ ранѣе, была увѣренность въ томъ, что, дѣйствительно, стеклянный клинъ налаженъ вѣрно, и потому можно приступить къ дальнѣйшимъ измѣреніямъ, относящимся къ самимъ растворамъ. Выше въ таблицѣ „XIII“ сведены средніе результаты изъ

десяти-кратныхъ опредѣленій поглощенія бэта частицъ различными слоями воды въ стеклянныхъ клинахъ.

Въ теченіе нашихъ изслѣдованій пришлось работать съ тремя стеклянными клинàми; одинъ изъ нихъ употреблялся гораздо чаще, чѣмъ другіе, и потому мы предпочтительно даёмъ мѣсто тѣмъ даннымъ, которыя получены съ этимъ клиномъ. Что касается двухъ другихъ стеклянныхъ клиновъ, которые употреблялись для наблюденія надъ сѣрной кислотой и надъ хлоридами калія и натрія, то абсолютныя числа измѣреній активности, конечно, отличаются отъ чиселъ таблицы XIII, но при сравненіи съ основной кривой аллюминія опять получаются тѣ же самыя величины поглощенія въ терминахъ аллюминія для каждой толщины слоя, какъ и въ таблицѣ XIV, и отношеніе поглощенія къ толщинѣ $\left(\frac{a}{t}\right)$ остается постояннымъ, равнымъ 0·35.

Въ таблицѣ „XIV“ сведены результаты сравненій равнопоглощающихъ слоевъ воды и аллюминія. Изъ данныхъ таблицы XII вычерчена основная кривая аллюминія, а данныя таблицы XIII послужили для построенія кривой воды; сравненіемъ обоихъ кривыхъ для послѣдовательно утолщаю-

Таблица XIV.

1	2	3
t, толщина слоя воды (cm.)	a, поглощенія въ терм. Al (cm.)	$\frac{a}{t}$
·04	·0117	0.293
·06	·0193	0·322
·08	·0277	0.346 *
·10	·0354	0·354
·12	·0427	0·356
·14	·0494	0·353
·16	·0562	0·351
·18	·0631	0·351
·20	·0703	0·351
·21	·0742	0·353 *
	Среднее:	0·352

щихся слоевъ воды получены равнопоглощающія толщины аллюминіевыхъ слоевъ, т. е. поглощеніе бэта частицъ слоями воды выражено въ терминахъ аллюминія, что и представлено въ таблицѣ XIV. Тамъ указаны толщины слоя воды, t въ cm. (1); далѣе толщины равнопоглощающихъ слоевъ аллюминія, a въ cm. (2) и, наконецъ, отношеніе поглощенія къ толщинѣ, $\frac{a}{t}$.

Это отношеніе для тонкихъ слоевъ воды немного ниже средняго, а для слоевъ воды отъ ·08—·21 cm. (въ таблицѣ обозначены звѣздочкой *) остается постояннымъ, равнымъ 0·352.

Результаты этихъ измѣреній можно выразить такъ: поглощеніе бэта частицъ водою прямо пропорціонально толщинѣ слоя воды, т. е.

$$a = kt \qquad (I)$$

Отдѣльной діаграммы для графическаго изображенія зависимости между активностью бэта лучей и толщиной водныхъ слоевъ нѣтъ; относящіяся сюда кривыя даны на діаграммахъ растворовъ: $CaCl_2$, $SrCl_2$, тростниковаго сахара, глицерина и т. д. подъ обозначеніемъ O.

§ 50. За водой въ порядкѣ изслѣдованія идутъ водные растворы электролитовъ (хлориды щелочныхъ земель) и неэлектролитовъ (тростниковаго сахара и глицерина). Растворы всѣхъ этихъ веществъ изслѣдованы въ формѣ различныхъ концентрацій, — предѣлы этихъ концентрацій ограничивались такими разбавленіями, чтобы по методу іонизаціи еще можно было открыть количества растворимыхъ веществъ — съ одной стороны, и съ другой стороны насыщенными при обыкновенной температурѣ растворами солей; если же два тѣла допускали полное взаимное смѣшеніе во всякихъ пропорціяхъ (вода и глицеринъ; вода и сѣрная кислота), тогда изслѣдованіе измѣненія активности въ зависимости отъ толщины поглощающаго слоя распространены на всю серію растворовъ, ограниченную предѣлами отъ чистаго растворителя (воды) до растворимаго тѣла (глицерина или сѣрной кислоты). Концентраціи растворовъ выражены или числомъ граммъ-молекулъ на литръ воды; или же $^0/_0$-нымъ содержаніемъ растворимаго вещества въ 100 граммахъ раствора.

Въ таблицѣ XV приведены активности бэта лучей, прошедшихъ различныя толщи раствора хлористаго кальція разныхъ концентрацій, и въ таблицѣ „XVI“ приведены поглощенія бэта частицъ въ обозначеніяхъ аллюминія.

Толщина слоя раствора обозначена буквой t и поглощеніе въ терминахъ аллюминія a; отношеніе этихъ величинъ $\frac{a}{t}$ даётъ величину поглощенія бэта частицъ слоемъ раствора въ одинъ сантиметръ; подъ каждымъ столбцомъ изъ ряда опредѣленій выведена средняя величина поглощенія, приходящагося на жидкій слой раствора въ одинъ cm. толщины.

Таблица XV.

$CaCl_2$

№№	t, толщина слоя раствора въ cm.	J — Активности въ % для разныхъ концентрацій.				
		1 гр-мл.	3„	5„	7„	11·75„
1	0·039	87·84	84·74	—	83·51	81·42
„	·061	80·61	77·60	—	74·79	72·00
„	·083	72·57	69·87	69·71	67·14	63·37
„	·104	66·84	63·90	62·50	60·70	57·21
5	·126	62·07	58·76	57·38	55·53	51·80
„	·148	57·77	54.82	53·28	51·01	47·86
„	·169	54·10	51·20	49·70	47·88	44·18
„	·191	51·21	48·18	46·41	44·80	41·22
9	·208	49·15	45·72	44·16	42·52	39·24

Изъ обзора данныхъ таблицы XVI видно, что тонкіе слои растворовъ поглощаютъ относительно меньшее количество бэта лучей, чѣмъ болѣе толстые. Числа, лежащія между звѣздочками, послужили матеріаломъ для вывода средняго поглощенія бэта лучей въ слоѣ раствора въ одинъ cm. толщины.

Величина средняго поглощенія увеличивается съ концентраціей, но у насъ нѣтъ еще права сказать, какая связь существуетъ между измѣненіемъ поглощенія и измѣненіемъ концентраціи раствора: одинъ и тотъ же слой раствора, при

Таблица XVI.

$CaCl_2$

	1 Mol.		3 Mol.		5 Mol.		7 Mol.		11,75 Mol.	
t, толщина въ cm.	a, поглощеніе въ терм. Al.	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$
·04	—	—	·0133	0·33	·0139	0·35	·0158	0·40	·0183	0·46
·06	—	—	·0220	0·37	·0228	0·38	·0256	0·43	·0292	0·49
·08	·0278	0·35*	·0314	0·39*	·0323	0·41*	·0353	0·44	·0414	0·52*
·10	·0357	0·36	·0400	0·40	·0424	0·42	·0456	0·46*	·0521	0·52
·12	·0434	0·36	·0490	0·41	·0517	0·43	·0552	0·46	·0635	0·53
·14	·0508	0·36	·0569	0·41	·0604	0·43	·0653	0·47	·0740	0·53
·16	·0579	0·36	·0648	0·41	·0686	0·43	·0741	0·46	·0845	0·53
·18	·0650	0·36	·0726	0·40	·0770	0·43	·0824	0·46	·0950	0·53
·20	·0721	0·36	·0810	0·41	·0855	0·43	·0919	0·46	·1055	0·53
·21	·0763	0·36*	·0854	0·41*	·0905	0·43*	·0970	0·46*	·1106	0·53*
	Среднее:	0·36		0·405		0·43		0·46		0·53

измѣненіи концентраціи заключаетъ въ себѣ и соли, и растворителя больше, чѣмъ то указывается концентраціей, такъ какъ плотность растворовъ также увеличивается. Подробнѣе этотъ вопросъ будетъ разобранъ въ главѣ, разсматривающей связь между поглощеніемъ и концентраціей.

Обращаясь еще разъ къ вопросу о поглощеніи бэта лучей радія различными слоями растворовъ $CaCl_2$, мы приходимъ къ выводу, что поглощеніе бэта лучей прямо пропорціонально толщинѣ слоя, т. е.

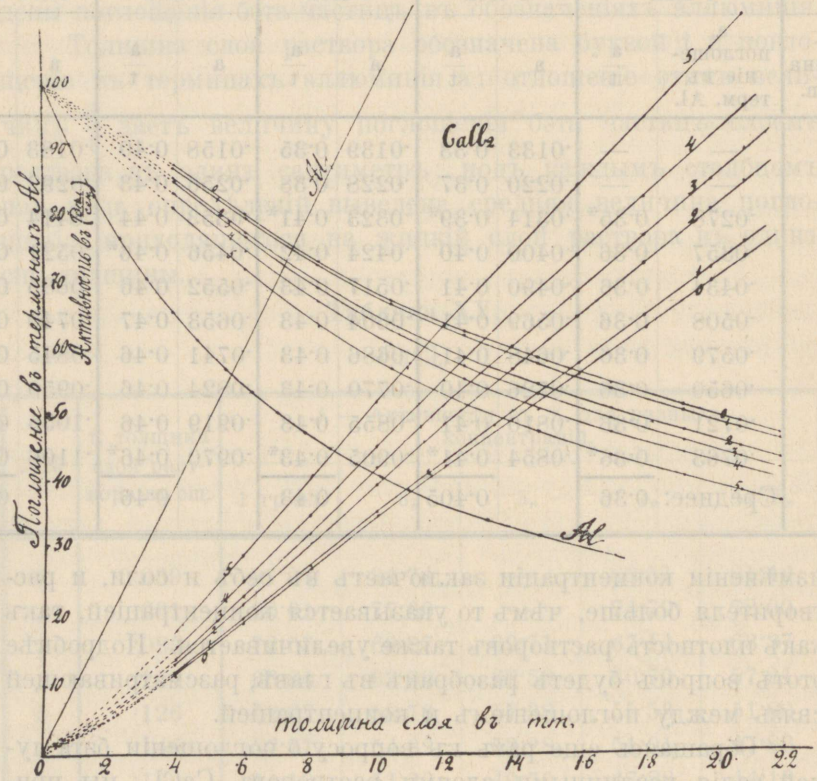
$$a = kt. \qquad (I)$$

Два наиболѣе тонкихъ слоя въ ·04 — ·06 cm. отступаютъ отъ этого правила, въ нихъ поглощеніе бэта лучей меньше, чѣмъ въ болѣе толстыхъ слояхъ.

§ 51. Графическое изображеніе результатовъ обоихъ таблицъ: „XV и XVI“ представлено на Фиг. 7.

Для сокращенія мѣста и въ то же время для наглядна сопоставленія перехода одной серіи кривыхъ въ другую на одной и той же діаграммѣ изображены слѣдующія зависимости: во-первыхъ, уменьшеніе активности бэта частицъ,

проходящихъ черезъ различныя слои растворовъ (серія первая) и во-вторыхъ, измѣненія величины поглощенія въ обозначеніяхъ аллюминія въ зависимости отъ той же толщины



Фиг. 7,

раствора (серія вторая). На осяхъ абсциссъ отложены толщины поглощающаго слоя въ mm. (по аналогіи съ таблицами слѣдовало бы толщины откладывать въ cm., но въ цѣляхъ удобства и сокращ. толщины на діаграммахъ даны въ mm.).

На осяхъ ординатъ въ первой верхней серіи кривыхъ отложены активности въ $\left(\frac{\text{дѣл.}}{\text{сек.}}\right)$, выраженныя въ $^0/_0$; причемъ за сто принимаетея та активность, которая относится къ пучку бэта и гамма лучей, проходящихъ черезъ пустой незаполненный растворомъ клинъ; для второй нижней серіи кривыхъ на тѣхъ же ординатахъ отложены величины поглощенія въ обозначеніяхъ аллюминія (и въ этомъ

случаѣ, въ цѣляхъ сокращенія, величины поглощенія уменьшены въ десять разъ, т. е. толщина аллюминіевыхъ листовъ дана въ mm., а не въ cm., какъ это принято въ соотвѣтственныхъ таблицахъ).

Первая серія кривыхъ, изображающихъ зависимость между измѣненіемъ активности пучка лучей и измѣненіемъ толщины, начинается въ одной точкѣ (100 %) и затѣмъ расходится въ видѣ вѣера выпуклаго къ осямъ абсциссъ.

Вторая серія кривыхъ, изображающая зависимость величины поглощенія отъ толщины слоя, начинается въ началѣ координатъ и отсюда расходящимся пучкомъ прямолинейно направляется въ сторону бо́льшихъ толщинъ.

Кривая чистой воды обозначена цифрой „0“. Кривыя растворовъ обозначены послѣдовательно цифрами: 1, 2, 3, 4 и 5, что соотвѣтствуетъ концентраціямъ: 1, 3, 5, 7 и 11·75 граммолей на литръ воды.

Не трудно видѣть, что кривыя въ каждой серіи подобны между собою и въ частности сходны съ кривой аллюминія.

Только для слишкомъ тонкихъ растворовъ до 0·8 миллиметровъ есть отступленія, такъ что и въ таблицахъ для полученія величины средняго поглощенія, приходящейся на каждый cm. раствора, пришлось эти данныя исключить изъ ряда чиселъ, необходимыхъ для вывода средняго поглощенія.

§ 52. Таблицы XVII и XVIII, касающіяся $SrCl_2$, составлены по типу предыдущихъ таблицъ для хлористаго кальція. Въ первой изъ нихъ сведены измѣненія активностей въ связи съ измѣненіемъ толщины жидкаго слоя (для равныхъ концентрацій) и во второй — поглощеніе бэта частицъ въ терминахъ аллюминія. Элементы, необходимые для вычисленій толщины жидкаго слоя въ стеклянномъ клинѣ таковы: разстояніе отъ вершины до основанія ac (a c) = 12·80 сант., величина раздвига (b c) 0·282 сант., отсюда продольное передвиженіе на одинъ сантиметръ измѣняетъ толщину жидкаго слоя на 0·022 сант. Какъ видно изъ таблицы, отношеніе $\frac{a}{t}$ остается постояннымъ для различныхъ слоевъ разныхъ концентрацій; исключеніе составляютъ тонкіе слои растворовъ. Концентрація въ 6·32 граммоля является уже насыщеннымъ при обыкновенной температурѣ растворомъ.

Таблица XVII.

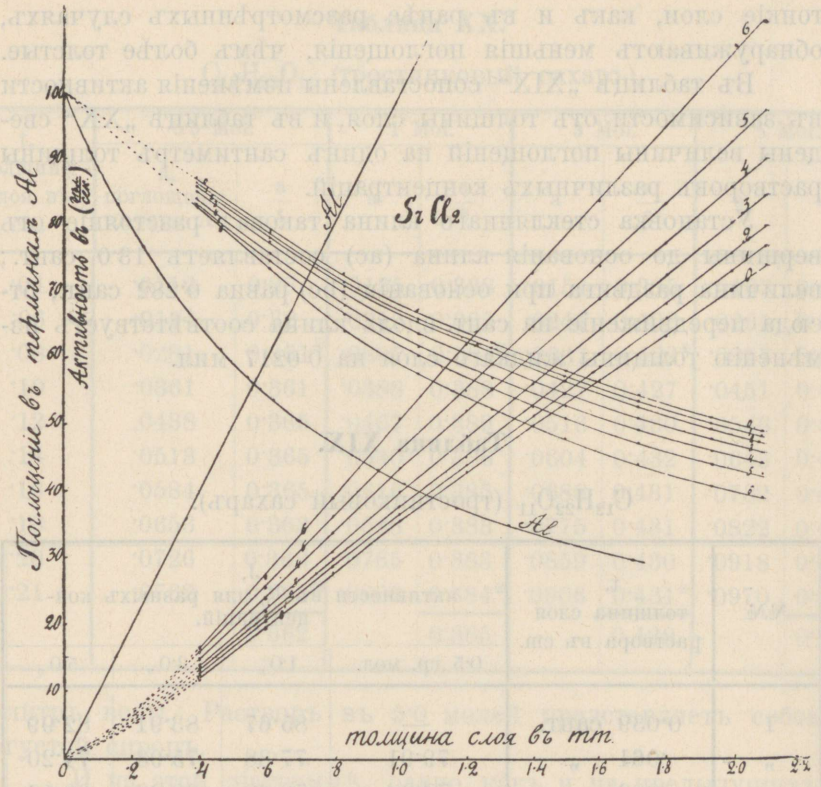
$SrCl_2$.

№№	t, толщина слоя раствора въ cm.	J, активности въ % для разныхъ концентрацій:					
		0·44 гр. мол.	·88„	1·68„	2·47„	3·34„	6·32„
1	0·040 сант.	86·20	85·72	85·10	84·16	82·90	82·63
„	·062 „	78·64	77·67	77·76	75·49	74·37	73·40
„	·084 „	71·07	70·57	69·89	67·73	65·92	64·46
„	·106 „	65·51	65·33	63·63	61·49	60·35	57·52
5	·128 „	61·37	60·76	59·05	56·76	55·00	52·02
„	·150 „	56·81	56·52	54·66	52·57	50·91	47·93
„	·172 „	53·43	52·60	50·76	49·09	47·27	43·97
„	·194 „	50·09	49·38	47·70	45·90	43·99	40·63
9	·208 „	48·47	47·42	45·77	44·27	42·65	39·03

Таблица XVIII.

$SrCl_2$.

t, Толщина слоя въ cm.	0·44 Mol.		0·88 Mol.		1·68 Mol.		2.47 Mol.		3.34 Mol.		6.32 Mol.	
	a, поглощеніе въ терм. Al.	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$
·04	·0125	0·31	·0132	0·33	·0138	0·36	·0148	0·37	·0158	0·40	·0163	0·41
·06	·0204	0·34	·0213	0·37 *	·0220	0·37	·0240	0·40	·0256	0·43	·0270	0·45
·08	·0287	0·36 *	·0297	0·37	·0307	0·38	·0337	0·42 *	·0363	0·45 *	·0389	0·49
·10	·0365	0·37	·0374	0·37	·0397	0·40 *	·0434	0·43	·0460	0·46	·0508	0·51
·12	·0437	0·36	·0449	0·37	·0483	0·40	·0520	0·43	·0548	0·46	·0618	0·51
·14	·0512	0·37	·0523	0·37	·0559	0·40	·0606	0·43	·0646	0·46	·0722	0·52
·16	·0585	0·37	·0603	0·38	·0645	0·40	·0686	0·43	·0736	0·46	·0832	0·52
·18	·0660	0·37	·0680	0·38	·0724	0·40	·0773	0·43	·0833	0·46	·0951	0·53
·20	·0732	0·37	·0758	0·38	·0805	0·40	·0857	0·43	·0927	0·46	·1061	0·53
·21	·0768	0·37 *	·0800	0·38 *	·0846	0·40 *	·0901	0·43 *	·0976	0·46 *	·1103	0·53
		0·37		0·375		0·40		0·43		0·46		0·52



Фиг. 8.

Графическое изображеніе результатовъ обоихъ таблицъ „XVII“ и „XVIII“ для растворовъ $SrCl_2$ находится на прилагаемой діаграммѣ (Фиг. 8). Нѣкоторыя концентраціи находятся очень близко одна къ другой, такъ что отдѣльныя наблюденія иногда совпадаютъ въ предѣлахъ ошибокъ опыта (напримѣръ, 0·44 и 0·88-мольные растворы).

Кривая „0“ относится къ чистой водѣ, а остальныя кривыя: 1, 2, 3, 4, 5 и 6 соотвѣтствуютъ концентраціямъ: 0·44, 0·88, 1·68, 2·47, 3·34 и 6·32 граммъ-молекулъ въ литрѣ воды.

§ 53. Изъ неэлектролитовъ — водный растворъ тростниковаго сахара и глицерина — были предметомъ тщательнаго изученія въ отношеніи ихъ способности поглощенія бэта частицъ. Полученныя данныя настолько точны, что позволяютъ вычислить отношеніе величины поглощенія къ толщинѣ слоя — $\frac{a}{t}$ — до третьяго знака; причемъ наиболѣе

тонкіе слои, какъ и въ ранѣе разсмотрѣнныхъ случаяхъ, обнаруживаютъ меньшія поглощенія, чѣмъ болѣе толстые.

Въ таблицѣ „XIX“ сопоставлены измѣненія активности въ зависимости отъ толщины слоя, и въ таблицѣ „XX“ сведены величины поглощеній на одинъ сантиметръ толщины растворовъ различныхъ концентрацій.

Установка стекляннаго клина такова: разстояніе отъ вершины до основанія клина (ac) составляетъ 13·0 сант.; величина раздвига при основаніи (bc) равна 0·282 сант., отсюда передвиженіе на сант. вдоль клина соотвѣтствуетъ измѣненію толщины жидкаго слоя на 0·0217 мил.

Таблица XIX.

$C_{12}H_{22}O_{11}$ (тростниковый сахаръ).

№№	t, толщина слоя раствора въ ст.	J, активности въ % для разныхъ концентрацій.			
		0·5 гр. мол.	1·0„	3·0„	5·0„
1	0·039 сант.	—	85·67	83·91	82·99
„	·061 „	79·91	77·38	75·93	74·20
„	·083 „	72·32	70·29	68·23	66·53
„	·104 „	66·41	64·49	62·35	60·46
5	·126 „	61·60	60·02	57·22	55·72
„	·148 „	57·42	56·04	53·11	51·62
„	·169 „	54·01	52·54	49·46	48·00
„	·191 „	50·92	49·53	46·48	44·73
9	·208 „	48·57	47·23	44·26	42·84

Какъ видно изъ таблицы XX, отношеніе $\frac{a}{t}$ — величина поглощенія на одинъ сантиметръ — колеблется въ очень узкихъ предѣлахъ (въ третьемъ знакѣ послѣ запятой).

Графическое изображеніе результатовъ обоихъ таблицъ представлено на соотвѣтствующей діаграммѣ (См. Фиг. 9).

Кривая чистой воды обозначена буквой O; другія обозначенія на кривыхъ 1, 2, 3 и 4 соотвѣтствуютъ указаннымъ въ таблицѣ концентраціямъ: 0·5, 1·0, 3·0 и 5·0 молей на

Таблица XX.

$C_{12}H_{22}O_{11}$ (тростниковый сахаръ).

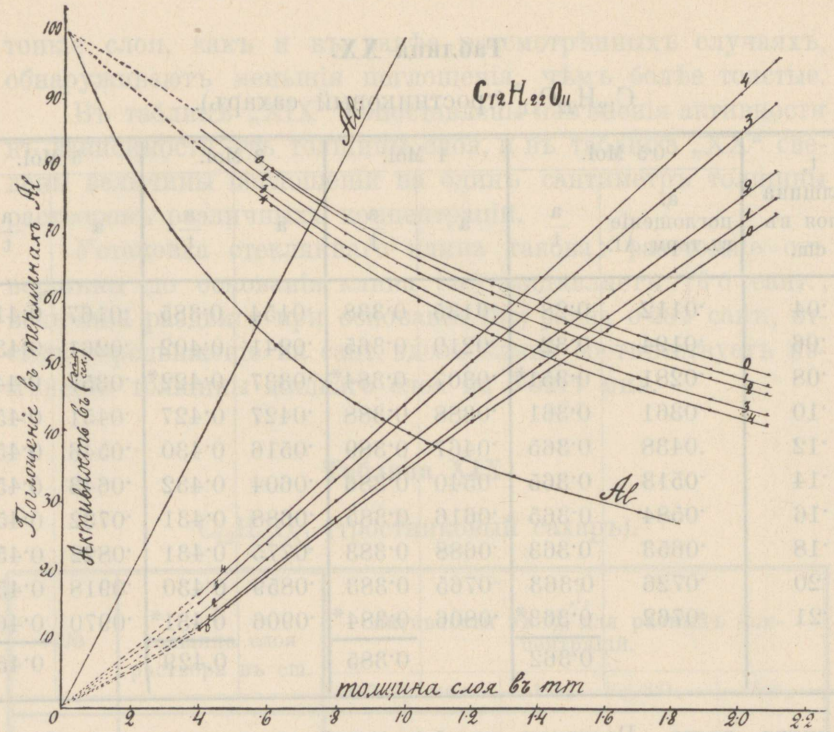
t, толщина слоя въ cm.	0·5 Mol.		1 Mol.		3 Mol.		5 Mol.	
	a, поглощеніе въ терм. Al.	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$
·04	·0112	0·28	·0135	0·338	·0154	0·385	·0167	0·418
·06	·0194	0·32	·0219	0·365	·0241	0·402	·0261	0·435
·08	·0281	0·351*	·0307	0·384*	·0337	0·422*	·0357	0·447*
·10	·0361	0·361	·0388	0·388	·0427	0·427	·0451	0·451
·12	.0438	0·365	·0467	0·389	·0516	0·430	·0546	0·455
·14	·0513	0·365	·0540	0·386	·0604	0·432	·0643	0·458
·16	·0584	0·365	·0616	0·385	·0688	0·431	·0732	0·457
·18	·0653	0·363	·0688	0·383	·0775	0·431	·0822	0·457
·20	·0726	0·363	·0765	0·383	·0859	0·430	·0918	0·459
·21	·0762	0·363*	·0806	0·384*	·0906	0·431*	·0970	0·462*
		0·362		0·385		0.429		0·456

литръ воды. Растворъ въ 5·0 молей представляетъ собою густой сиропъ.

И на этой діаграммѣ, равно какъ и на предыдущихъ, кривыя поглощенія совершенно аналогичны таковымъ же аллюминія. Отступленія отъ постоянной относятся только къ третьему знаку (см. таб. XX.) и потому мы вправѣ сказать, что поглощеніе бэта частицъ радія въ растворахъ сахара прямо пропорціонально толщинѣ поглощающаго слоя, т. е.

$$a = kt.$$

§ 54. При изслѣдованіи водныхъ растворовъ глицерина мы отступили отъ общаго правила, и концентраціи этихъ растворовъ обозначили величиной процентнаго содержанія чистаго глицерина въ ста вѣсовыхъ частяхъ общей смѣси (раствора). Въ двухъ таблицахъ XXI и XXII даны результаты измѣреній активности и величины поглощенія въ зависимости отъ толщины слоя для концентрацій: 25, 50, 75 и 100%. Ясно, что концентрація въ 100%, согласно нашему обозначенію, отвѣчаетъ чистому глицерину безъ всякой примѣси воды.



Фиг. 9.

Таблица XXI.

$C_3H_5(OH)_3$.

№№	t, толщина слоя раствора	J, активности въ % для разныхъ концентрацій глицерина.			
		25%	50%	75%	100% (чистый глиц.)
1	0·039 сант.	—	—	85·00	83·95
„	·061 „	79·75	78·66	77·26	75·89
„	·083 „	72·75	71·67	69·48	68·41
„	·104 „	66·68	65·64	63·82	61·66
5	·126 „	61·69	60·76	58·55	57·36
„	·148 „	57·49	56.42	54·71	52·89
„	·169 „	53·84	52·96	50·63	49·40
„	·191 „	50·60	49·64	47·52	46·18
9	·208 „	48·41	47·00	45·18	43.04

Таблица XXII.

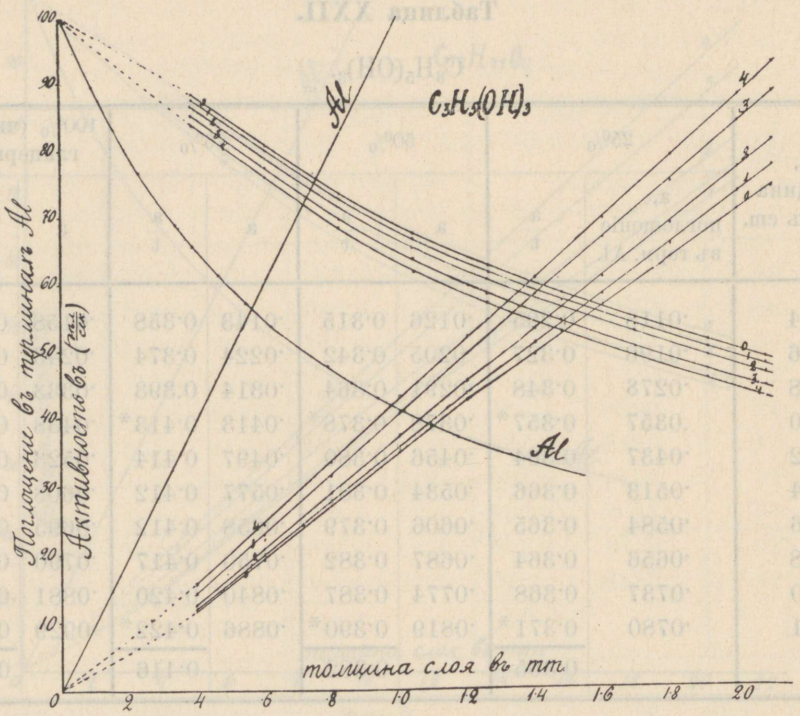
$C_3H_5(OH)_3$.

t, толщина слоя въ cm.	25%		50%		75%		100% (чистый глицеринъ)	
	a, поглощеніе въ терм. Al.	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$
·04	·0118	0·295	·0126	0·315	·0143	0·358	·0158	0·395
·06	·0196	0·327	·0205	0·342	·0224	0·374	·0243	0·405
·08	·0278	0·348	·0291	0·364	·0314	0.393	·0333	0·416
·10	.0357	0·357*	·0378	0·378*	·0413	0·413*	·0438	0·438*
·12	·0437	0·364	·0456	0·380	·0497	0·414	·0523	0·436
·14	·0513	0·366	·0534	0·381	·0577	0·412	·0608	0·434
·16	·0584	0·365	·0606	0·379	·0658	0·412	·0695	0·434
·18	·0656	0·364	·0687	0·382	·0750	0·417	·0790	0·439
·20	·0737	0·368	·0774	0·387	·0840	0·420	·0881	0·440
·21	·0780	0·371*	·0819	0·390*	·0886	0·422*	·0929	0·442*
		0·365		0·382		0·416		0·438

Установка клина была точно такая же какъ при опытахъ съ растворами тростниковаго сахара. Точность измѣренія позволяетъ опредѣлить въ среднемъ въ отношеніи $\frac{a}{t}$ третій знакъ послѣ запятой (тонкіе слои жидкости не приняты во вниманіе). Отношеніе $\frac{a}{t}$ остается постояннымъ и на діаграммѣ (Фиг. 10), гдѣ дано графическое изображеніе результатовъ обоихъ таблицъ, кривыя поглощенія по своей формѣ ничѣмъ не отличаются отъ таковой аллюминія. Кривая 0 относится къ чистой водѣ, а кривыя: 1, 2, 3 и 4 къ растворамъ соотвѣтственныхъ концентрацій: въ 25, 50, 75 и 100%.

Отсюда поглощеніе бэта частицъ въ растворахъ глицерина прямо пропорціонально толщинѣ поглощающаго слоя, $a = kt$.

§ 55. Растворы хлористаго натрія и калія были изслѣдованы въ стеклянномъ клинѣ особой конструкціи. Это былъ первый клинъ, въ которомъ произведены предвари-



Фиг. 10.

тельные опыты, съ цѣлью рѣшить, насколько стеклянныя пластинки въ 2—3 mm. толщины, прикрѣпленныя къ бокáмъ тонкихъ покровныхъ стеколъ, способны сохранять постоянную толщину заключеннаго внутри клина жидкаго слоя. Опытами пришлось убѣдиться, что прикрѣпленныя къ бокáмъ клина стеклянныя пластины подвержены гнутію и потому не было увѣренности въ томъ, что въ такомъ клинѣ слои жидкости будутъ равномѣрно утолщаться. Послѣ этихъ опытовъ стеклянныя пластины и были замѣнены пластинами изъ крѣпкой стали.

Въ нижеприводимыхъ таблицахъ мы даемъ результаты измѣреній, относящіеся къ наиболѣе толстымъ слоямъ. Слѣдуетъ обратить особенное вниманіе на то, что въ опытѣ по изслѣдованію растворовъ хлористаго натрія и хлористаго калія, препаратъ радія былъ прикрытъ аллюминіевой пластинкой въ 1·65 mm. толщины.

Предварительной цѣлью нашего изслѣдованія было,

между прочимъ, разысканіе такого однороднаго пучка бэта лучей, который бы, хотя отчасти, подчинялся закону экспоненціальной зависимости, и тогда величину поглощенія бэта лучей можно было бы изучать по измѣненіямъ коэффиціента поглощенія — λ.

Опыты, однако же, показали, что и послѣ такой фильтраціи бэта лучей черезъ аллюминій поглощеніе ихъ въ послѣдовательно утолщающихся слояхъ не можетъ быть удовлетворительно выражено въ видѣ экспоненціальнаго уравненія, и на мѣсто его самъ собою явился методъ сравненія поглощеній бэта частицъ въ матеріальныхъ срединахъ съ тѣмъ поглощеніемъ, которое происходитъ въ основномъ веществѣ — аллюминіѣ. Данныя измѣненій активности въ связи съ измѣненіемъ толщины слоя опущены.

Изъ другихъ данныхъ, относящихся къ поглощенію бэта частицъ растворами хлористаго натрія, мы приведемъ въ таблицѣ XXIII наиболѣе достовѣрныя числа для слоевъ съ толщиной въ ·14, ·16 и 18 cm. и для концентрацій: 1, 2, 3, 4, 5 и 6 ·14 молей на литръ воды. Послѣдняя, концентрація является при обыкновенной температурѣ насыщеннымъ растворомъ NaCl.

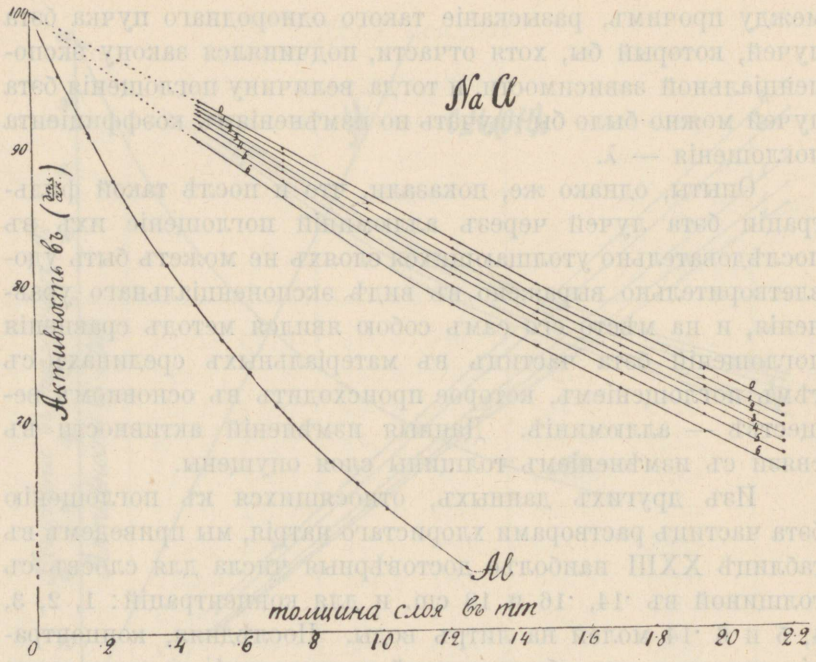
Таблица XXIII.

NaCl (растворы).

t, толщина слоя въ cm.	1 Mol.		2 Mol.		3 Mol.		4 Mol.		5 Mol.		6,14 Mol.	
	a, поглощеніе въ терм. Al.	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$
·14	·0437	0·31	·0455	0·32	·0471	0·34	·0484	0·35	·0515	0·37	·0546	0·39
·16	·0512	0·32	·0533	0·33	·0552	0·35	·0567	0·35	·0596	0·37	·0633	0·40
·18	·0589	0·33	·0614	0·34	·0634	0·35	·0653	0·36	·0680	0·38	·0723	0·40
	Среднее:	·32		.33		·35		·35		·37		·40

Фиг. 11 представляетъ собою зависимость между уменьшеніемъ активности бэта лучей радія и увеличеніемъ толщины слоя растворовъ NaCl. Масштабъ на оси ординатъ сильно увеличенъ.

Фиг. 12 представляетъ собою изображеніе зависимости

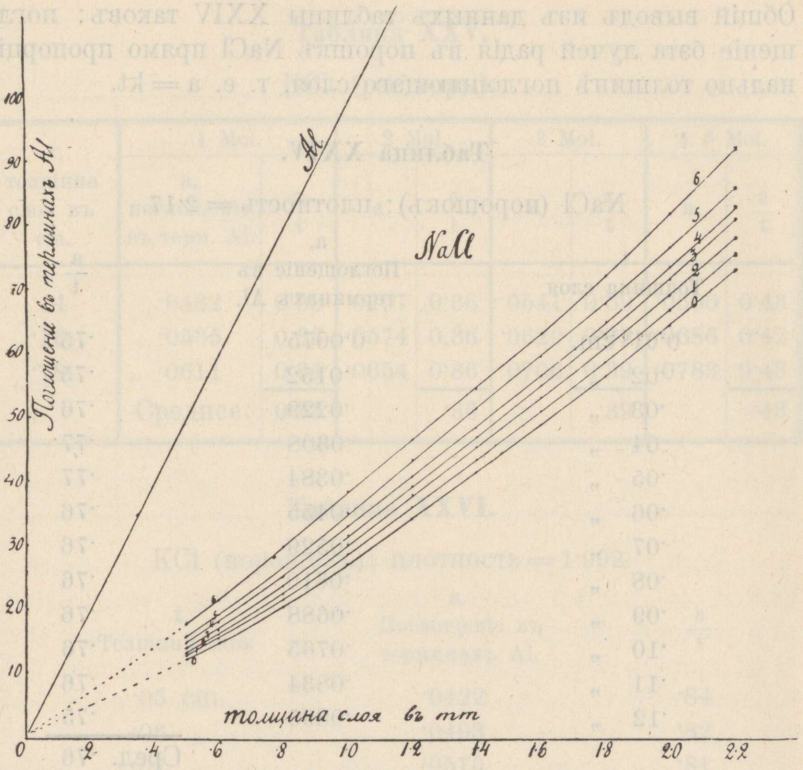


Фиг. 11

между поглощеніемъ (въ обозначеніяхъ аллюминія) и толщиной слоя раствора. На обоихъ діаграммахъ кривая чистой воды обозначена 0; кривыя растворовъ: 1, 2, 3, 4, 5 и 6 соотвѣтствуютъ концентраціямъ: 1, 2, 3, 4, 5 и 6 ·14 граммолей на литръ воды.

При взглядѣ на нижнюю часть діаграммы, Фиг. 12, легко видѣть, что средніе слои поглощаютъ бэта частицъ относительно меньше, чѣмъ крайніе: это легко объясняется тѣмъ, что подъ вліяніемъ пружинъ, закрѣпляющихъ клинъ, средина стекляннаго клина слегка прогибается и выдавливаетъ часть жидкости.

Сухая соль NaCl была изслѣдована на поглощеніе бэта частицъ радія въ самыхъ разнообразныхъ экспериментальныхъ условіяхъ. Въ томъ случаѣ, когда препаратъ радія ничѣмъ не покрытъ, равно какъ и въ томъ случаѣ, когда онъ покрытъ толстымъ слоемъ аллюминія въ 1·65 mm., поглощеніе бэта частицъ въ терминахъ аллюминія одно и тоже (въ предѣлахъ ошибокъ опыта). Значитъ, различіе въ скоростяхъ бэта частицъ не вліяетъ на величину поглоще-



Фиг. 12.

нія въ терминахъ аллюминія. Ниже при выводѣ постоянной поглощенія въ зависимости отъ концентраціи этому вопросу будетъ удѣлено больше вниманія. Теперь изъ ряда многочисленныхъ опытовъ, относящихся къ измѣренію поглощенія бэта лучей съ различными скоростями въ сухомъ порошкѣ NaCl, мы приведемъ одну таблицу XXIV измѣреній для доказательства того, что поглощеніе бэта лучей радія въ сухомъ порошкѣ NaCl прямо пропорціонально толщинѣ поглощающаго слоя. Данныя таблицы XXIV добыты изъ опытовъ поглощенія, произведенныхъ въ стеклянной ячейкѣ. Останавливаетъ на себѣ вниманіе то обстоятельство, что даже для слоевъ очень тонкихъ въ ·01 cm. отношеніе $\frac{a}{t}$ остается постояннымъ. Толщина слоя сухого порошка опредѣлена по вѣсу; площадь ячейки точно опредѣлена, за плотность сухой соли NaCl принято число 2·17.

Общій выводъ изъ данныхъ таблицы XXIV таковъ: поглощеніе бэта лучей радія въ порошкѣ NaCl прямо пропорціонально толщинѣ поглощающаго слоя, т. е. $a = kt$.

Таблица XXIV.

NaCl (порошокъ); плотность = 2·17.

t, Толщина слоя	a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	$\frac{a}{t}$
0·01 cm.	0·0075	·75
·02 „	·0152	·75
·03 „	·0229	·76
·04 „	·0308	·77
·05 „	·0384	·77
·06 „	·0455	·76
·07 „	·0529	·76
·08 „	·0610	·76
·09 „	·0688	·76
·10 „	·0765	·76
·11 „	·0834	·76
·12 „	·0895	·75
		Сред. ·76

§ 56. Въ таблицѣ XXV приведены данныя, касающіяся поглощенія бэта частицъ растворами хлористаго калія. Эти данныя относятся только къ болѣе толстымъ слоямъ въ ·14, ·16 и ·18 cm. Въ отдѣльной таблицѣ XXVI приведены окончательные результаты поглощенія для сухой соли хлористаго калія. Въ виду того, что хлористый калій на воздухѣ жадно притягиваетъ пары воды, вѣсъ соли постепенно увеличивается, и отсюда вполнѣ понятны отступленія въ 5% между значеніями $\frac{a}{t}$ для крайнихъ слоевъ сухой соли KCl.

§ 57. При изслѣдованіи растворовъ сѣрной кислоты на поглощеніе бэта лучей, приходилось какъ нибудь предохранить отъ ея дѣйствія канадскій бальзамъ, которымъ прикрѣплялись стеклянныя пластинки къ стальнымъ брусьямъ клина: кромѣ того и самые стальные брусья разъѣдались кислотой. Поэтому и брусья, и мѣста прикрѣпленія по-

Таблица XXV.

KCl (растворы).

t, толщина слоя въ cm.	1 Mol.		2 Mol.		3 Mol.		4. 6 Mol.	
	a, поглощеніе въ терм. Al.	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$	a	$\frac{a}{t}$
·14	·0462	0·33	·0497	0·36	·0541	0·39	·0600	0·43
·16	·0535	0·33	·0574	0.36	·0620	0·39	·0686	0·42
·18	·0611	0·34	·0654	0·36	·0706	0·39	·0783	0·43
	Среднее:	0·33		·36		·39		·43

Таблица XXVI.

KCl (порошокъ); плотность = 1·992.

t, Толщина слоя	a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	$\frac{a}{t}$
·05 cm.	·0422	·84
·06 „	·0493	·82
·07 „	·0570	·81
·08 „	·0646	·81
·09 „	·0725	·81
	Среднее:	·82

кровныхъ стеклянныхъ пластинокъ были покрыты тонкимъ слоемъ парафина. Однако, какой бы тонкій слой парафина мы не наложили, въ томъ мѣстѣ клина, гдѣ пластинки должны быть въ тѣсномъ соприкосновеніи между собой, не получалось полнаго контакта непосредственно между стеклянными пластинками, но слой парафина увеличивалъ разстояніе между ними и потому относительное поглощеніе бэта частицъ тонкими слоями значительно больше, чѣмъ это должно быть.

Ниже въ таблицѣ XXVII мы удержали данныя поглощеній въ обозначеніяхъ аллюминія только для послѣднихъ толстыхъ слоевъ; а на діаграммѣ (Фиг. 13) изображены кривыя зависимостей на основаніи протокола наблюденія.

Таблица XXVII.

H_2SO_4.

Концентрація въ гр. мол. c	Слой раствора въ ·18 ст. толщины		Слой раствора въ ·20 ст. толщины		Среднее: $\frac{a}{t}$
	Поглощеніе въ терминахъ Al. a	$\frac{a}{t}$	Поглощеніе въ терминахъ Al. a	$\frac{a}{t}$	
2·74 гр. мол.	·0732	0·40	·0794	0·40	0·40
4·78 „ „	·0770	0·43	·0842	0·42	0·425
7·09 „ „	·0795	0·44	·0868	0·43	0·435
10·39 „ „	·0852	0·47	·0933	0·47	0·47
20·28 „ „	·0992	0·55	·1091	0·55	0·55
35·58 „ „	·1193	0·66	·1310	0·66	0·66

Вслѣдствіе того, что первые болѣе тонкіе слои раствора на самомъ дѣлѣ были толще, чѣмъ то слѣдовало изъ вычисленій, поглощеніе въ нихъ также больше и потому кривыя поглощенія въ начальныхъ частяхъ какъ будто бы отступаютъ отъ прямой линіи, обращая свою выпуклость въ сторону, противоположную оси абсциссъ.

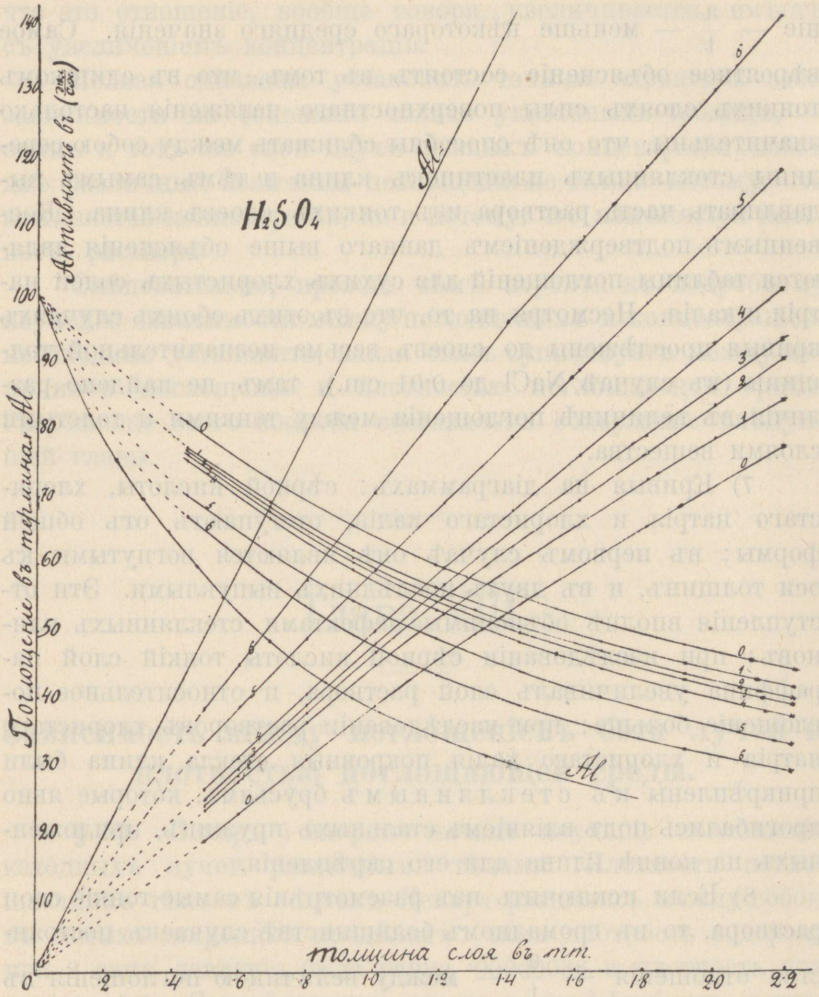
Кривая 0 относится къ чистой водѣ, а другія кривыя: 1, 2, 3, 4, 5 и 6 къ соотвѣтственнымъ концентраціямъ растворовъ сѣрной кислоты: 2·74, 4·78, 7·09, 10·39, 20·28 и 35·58 молей на литръ воды.

§ 58. Общій обзоръ таблицъ и соотвѣтствующихъ діаграммъ, относящихся къ настоящей главѣ приводитъ къ слѣдующимъ заключеніямъ:

1) Кривыя зависимости (1-ая серія) между активностью бэта лучей и толщиной слоя весьма сходны между собою по своей внѣшней формѣ и въ частности построены аналогично кривой аллюминія, съ которой онѣ сравниваются.

2) Кривыя поглощенія (2-ая серія) бэта частицъ (въ обозначеніяхъ аллюминія) въ связи съ толщиной слоя также построены аналогично другъ другу и въ частности основной кривой аллюминія, служащей для сравненія.

3) Въ общемъ ходѣ кривыхъ (какъ первой, такъ и второй серіи) нельзя найти какихъ нибудь уклоненій, указывающихъ на то, къ какой концентраціи относится данная



Фиг. 13.

кривая. Кривыя самыхъ слабыхъ растворовъ, равно какъ и самыхъ концентрированныхъ построены подобно между собою.

4) Нѣтъ также какихъ нибудь указаній для того, чтобы отличить между собою кривыя электролитовъ отъ кривыхъ неэлектролитовъ.

5) Изъ пункта 3 и 4 слѣдуетъ, что молекулы соли въ водномъ растворѣ обладаютъ равной поглощающей силой, будутъ-ли онѣ въ состояніи диссоціаціи, или нѣтъ.

6) Для слишкомъ тонкихъ слоевъ жидкостей отноше-

ніе — $\frac{a}{t}$ — меньше нѣкотораго средняго значенія. Самое вѣроятное объясненіе состоитъ въ томъ, что въ слишкомъ тонкихъ слояхъ силы поверхностнаго натяженія настолько значительны, что онѣ способны сближать между собою середины стеклянныхъ пластинокъ клина и тѣмъ самымъ выдавливать часть раствора изъ тонкихъ слоевъ клина. Косвеннымъ подтвержденіемъ даннаго выше объясненія являются таблицы поглощеній для сухихъ хлористыхъ солей натрія и калія. Несмотря на то, что въ этихъ обоихъ случаяхъ кривыя прослѣжены до слоевъ весьма незначительной толщины (въ случаѣ NaCl до 0·01 cm.), тамъ не найдено различія въ величинѣ поглощенія между тонкими и толстыми слоями вещества.

7) Кривыя на діаграммахъ: сѣрной кислоты, хлористаго натрія и хлористаго калія, отступаютъ отъ общей формы; въ первомъ случаѣ онѣ являются вогнутыми къ оси толщинъ, и въ двухъ послѣднихъ выпуклыми. Эти отступленія вполнѣ объяснимы дефектами стеклянныхъ клиновъ; при изслѣдованіи сѣрной кислоты тонкій слой парафина увеличивалъ слой раствора, и относительное поглощеніе больше; при изслѣдованіи растворовъ хлористаго натрія и хлористаго калія покровныя стекла клина были прикрѣплены къ стеклянным ъ брусьямъ, которые явно прогибались подъ вліяніемъ стальныхъ пружинъ, приложенныхъ на концѣ клина для его скрѣпленія.

8) Если исключить изъ разсмотрѣнія самые тонкіе слои раствора, то въ громадномъ большинствѣ случаевъ постоянство отношенія — $\frac{a}{t}$ — между величиною поглощенія въ обозначеніяхъ аллюминія и толщиною поглощающаго слоя является доказаннымъ. Отсюда какъ прямое слѣдствіе вытекаетъ положеніе: поглощеніе бэта частицъ радія въ жидкихъ тѣлахъ прямо пропорціонально толщинѣ поглощающаго слоя:

$$a = kt.$$

Если прослѣдить измѣненіе величины $\frac{a}{t}$ въ связи съ измѣненіемъ концентраціи растворовъ, то легко убѣдиться,

что это отношеніе, вообще говоря, увеличивается, вмѣстѣ съ увеличеніемъ концентраціи.

Нельзя однакоже установить точный характеръ этой зависимости на основаніи только указанныхъ таблицъ, — одинъ и тотъ же слой двухъ разныхъ концентрацій даётъ двѣ различныя величины поглощенія не только потому, что измѣняется концентрація, но и потому, что измѣняется плотность раствора.

Слѣдовательно, прежде чѣмъ перейти къ подробному изученію зависимости между поглощеніемъ и концентраціей, необходимо установить, какая связь существуетъ между величиной поглощенія и плотностью поглощающей среды. Разрѣшеніе этого вопроса составляетъ содержаніе слѣдующей главы.

Глава VIII.

Зависимость между поглощеніемъ бэта лучей и плотностью поглощающей среды.

§ 59. Ленаръ [1]) впервые началъ изученіе поглощенія катодныхъ лучей различными тѣлами. Плотности поглощающихъ тѣлъ въ опытахъ Ленара разнились между собою въ самыхъ широкихъ предѣлахъ: такъ плотность водорода при 3 сант. давленія была равна ·00000036 и плотность для золота 19·3. Соотвѣтственно этому и коэффиціентъ поглощенія (λ) разнился въ таковыхъ же предѣлахъ: въ опытахъ съ водородомъ при указанныхъ условіяхъ (λ) было равно ·00149 и въ опытахъ съ золотомъ (λ) = 55,600. Но когда Ленаръ взялъ отношенія коэффиціента поглощенія къ плотности поглощающей среды, тогда получились величины того же порядка: $\frac{\lambda}{d} = 2070$ для водорода и 5610 для золота. Отсюда Ленаръ вывелъ общее заключеніе: „поглощеніе катод-

1) Lenard, Wied. Ann. (1895) 56 p. 255.

ныхъ лучей прямо пропорціонально плотности поглощающей среды". Это и есть такъ называемый „законъ плотностей". Онъ былъ доказанъ Ленаромъ на основаніи его многочисленныхъ изслѣдованій надъ тѣлами самыхъ различныхъ плотностей.

Первые изслѣдователи бэта лучей изъ радіоактивныхъ тѣлъ, примѣнили „законъ плотностей" для отысканія зависимости между плотностью среды и коэффиціентомъ поглощенія бэта лучей. Это сравненіе напрашивалось само собою, такъ какъ бэта лучи радіоактивныхъ веществъ весьма похожи на катодные лучи. Только въ послѣднее время было установлено болѣе или менѣе характерное различіе между катодными лучами и бэта лучами въ ихъ скоростяхъ; электроны катодныхъ лучей движутся со скоростью 20·000 $\frac{\text{килм.}}{\text{сек.}}$, а электроны бэта лучей радіоактивныхъ тѣлъ со скоростями, по меньшей мѣрѣ, въ три раза большими (въ частности для радія предѣлы скоростей бэта частицъ лежатъ между 60·000—288·000 $\frac{\text{килм.}}{\text{сек.}}$).

„Законъ плотностей" Ленара можетъ быть разсматриваемъ однако же только какъ приближенный законъ даже и для самихъ катодныхъ лучей.

При дѣленіи коэффиціента поглощенія на плотность поглощающей среды получаются числа, хотя и того же самого порядка, но всё же значительно расходящіяся между собою.

То же самое было доказано и Стрёттомъ [1]) по отношенію къ бэта лучамъ радія, — отношеніе коэфиціента абсорбціи къ плотности $\left(\frac{\lambda}{d}\right)$ не остается постояннымъ, но увеличивается въ ряду болѣе плотныхъ тѣлъ. Э. Рудзерфордъ [2]) доказалъ тоже самое по отношенію къ бэта лучамъ урана. Для большинства тѣлъ отношеніе коэффиціента абсорбціи къ плотности равно почти 5, но такіе тяжелые металлы, какъ мѣдь, серебро и особенно свинецъ и олово постепенно увеличиваютъ это отношеніе до 13.

1) Strutt: Nature 61 [1900], p. 539.

2) E. Rutherford-Aschkinas: „die Radioaktivitat". Berlin 1907, 141.

Наконецъ, Годлевскій[1]) изучалъ бэта лучи актинія и подтвердилъ тотъ же самый результатъ, а именно, отношеніе ихъ коэффиціента поглощенія къ плотности поглощающей среды не остается постояннымъ; мѣдь, олово и свинецъ опять выступаютъ изъ общаго ряда.

§ 60. Мы воспользовались методомъ сравнительнаго поглощенія для того, чтобы установить связь между поглощеніемъ бэта частицъ радія, выражаемымъ въ терминахъ аллюминія, и плотностью поглощающей среды.

Опредѣленіе плотностей растворовъ различныхъ концентрацій производилось въ пикнометрѣ Оствальда ёмкостью около 8 кубическихъ сантиметровъ. Всѣ опредѣленія лежатъ приблизительно въ предѣлахъ измѣненій комнатной температуры. Ниже для каждаго опредѣленія мы отмѣчаемъ точно температуру изслѣдуемаго раствора.

Полученныя опредѣленія плотностей сравнены съ опредѣленіями другихъ авторовъ. Во многихъ случаяхъ получилось точное совпаденіе результатовъ нашихъ опредѣленій съ данными таблицъ Ландольта-Бёрнштейна.

Извѣстно, что плотность раствора, вообще говоря, увеличивается съ увеличеніемъ концентраціи раствора. Однако ни электролиты, ни неэлектролиты не обнаруживаютъ строгой пропорціональности въ указанныхъ измѣненіяхъ. Большинство тѣлъ увеличиваетъ свою плотность съ увеличеніемъ концентраціи больше для разбавленныхъ растворовъ и меньше для концентрированныхъ.

Въ таблицѣ XXVIII сведены плотности изслѣдованныхъ нами растворовъ. Въ столбцѣ 1 указана природа раствора; въ столбцѣ 2 даны концентраціи — c, выраженныя въ граммоляхъ на литръ воды (первая графа) или же въ процентахъ соли, находящейся въ ста граммахъ раствора; столбецъ 3 даётъ плотности соотвѣтствующихъ растворовъ и въ столбцѣ 4 температуры растворовъ, — плотность каждаго раствора отнесена къ плотности воды при 4^0. Кромѣ чистаго глицерина, плотность котораго взята изъ таблицъ Ландольта, всѣ другія опредѣленія сдѣланы самостоятельно и для личной увѣренности въ правильности результатовъ сравнены по таблицамъ Ландольта.

---

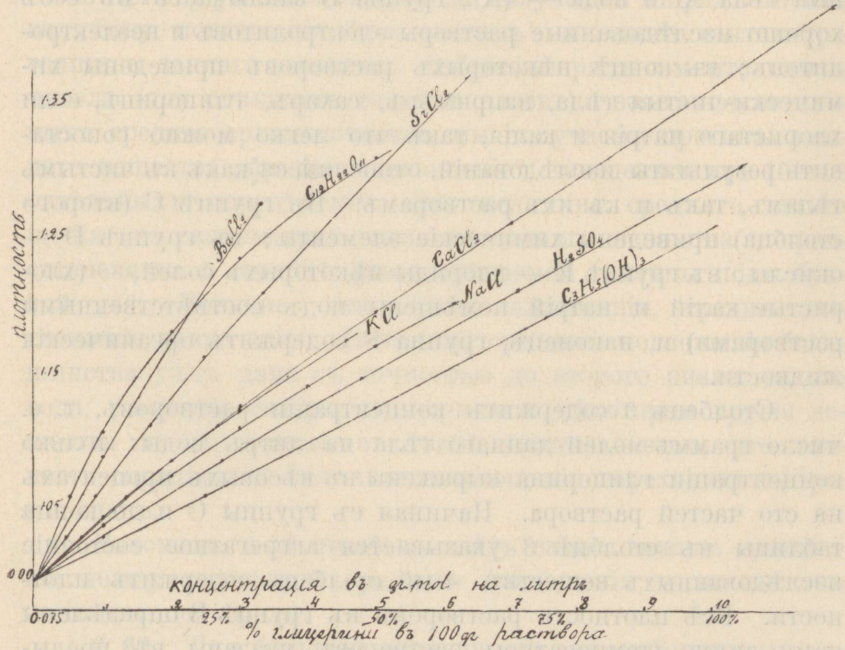
1) T. Godlewski: Phil. Mag. 10, [6], 1905, p. 377.

Таблица XXVIII.

1	2		3	4
Растворы.	c, Концентраціи въ гр. моляхъ,	въ $^0/_0{}^0/_0$.	d, Плотности при $\frac{t^0}{4^0}$	Температуры растворовъ.
$CaCl_2$	1·0	5·23	1·0438	$14·1^0$
	3·0	14·28	1·1249	$14·3^0$
	5·0	21·73	1·1955	$14·3^0$
	7·0	27·98	1·2627	$14·4^0$
	11·75	40·45	1·4267	$13·5^0$
$SrCl_2$	·44	3·32	1·0296	$14·3^0$
	·88	6·52	1·0592	$14·5^0$
	1·68	11·77	1·1117	$14·7^0$
	2·47	16·39	1·1614	$14·7^0$
	3·34	20·91	1·2098	$14·7^0$
	6·32	33·39	1·3698	$14·7^0$
$BaCl_2$	1·0	9·42	1·0887	$14·0^0$
	2·0	17·24	1·1730	$14·0^0$
	3·29	25·50	1.2760	$15·0^0$
$C_{12}H_{22}O_{11}$ (сахаръ)	0·5	14·61	1·0585	$15·6^0$
	1·0	25·50	1·1070	$15·8^0$
	2·0	40·64	1·1809	$16·0^0$
	3·0	50·67	1·2351	$16·0^0$
	5·0	63·13	1·3095	$16·0^0$
$C_3H_5(OH_3)$ (глицеринъ)	—	25·0	1·0595	$17·0^0$
	—	50·0	1·1249	$15·0^0$
	—	75·0	1·1927	$14·7^0$
чистый глицеринъ	—	100·0	1·2604	—
NaCl	1·0	5·52	1·0384	$17·5^0$
	2·0	10·47	1·0748	$17·5^0$
	3·0	14·92	1·1085	$17·5^0$
	4·0	18·95	1·1402	$17·5^0$
	5·0	22·62	1·1704	$17·0^0$
	6·14	26·41	1·2017	$17·0^0$

KCl	1·0	6·07	1·0440	
	2·0	12·98	1·0853	
	3·0	18·28	1·1213	
	4·57	26·17	1·1704	
H_2SO_4	2·74	12·36	1·0853	14·5°
	4·78	20·44	1·1464	14·1°
	7·09	28·70	1·2121	14·0°
	10·39	39·20	1·3006	13·6°
	20·28	64·22	1·5457	18·6°
	35·58	94·84	1·8364	17·0°

Графическое изображеніе результатовъ вышеприведенной таблицы „XXVIII“ находится на прилагаемой діаграммѣ, фиг. „14“. На осяхъ абсциссъ нанесены концентраціи въ граммоляхъ на литръ воды; только для глицерина эти кон-



Фиг. 14.

центраціи выражены въ вѣсовыхъ % чистаго глицерина, приходящихся на сто вѣсовыхъ частей раствора. На осяхъ ординатъ нанесены плотности растворовъ. Всѣ кривыя на-

чинаются съ точки, лежащей немного ниже единицы, такъ какъ плотность чистой воды при комнатной температурѣ равняется 0·9981. На діаграммѣ ясно видно, что только кривая глицерина представляетъ собою пропорціональное измѣненіе плотности съ измѣненіемъ концентраціи раствора.

Другія кривыя болѣе или менѣе вогнуты къ осямъ абсциссъ и больше всего это замѣтно на кривой тростниковаго сахара. Всѣ кривыя солей прослѣжены до такихъ концентрацій, которыя являются уже насыщенными при комнатной температурѣ.

§ 61. Чтобы выяснить вопросъ о зависимости между поглощеніемъ бэта лучей радія и плотностью поглощающей среды мы представили въ таблицѣ „XXIX“ сводку всѣхъ относящихся сюда результатовъ. Во 2-омъ столбцѣ помѣщены изслѣдованныя вещества; для удобства обзора онѣ раздѣлены по группамъ: первое мѣсто занимаютъ два основныя тѣла Al и вода — (A); группа B заключаетъ въ себѣ хорошо изслѣдованные растворы электролитовъ и неэлектролитовъ; въ концѣ нѣкоторыхъ растворовъ приведены химически-чистыя тѣла, напримѣръ, сахаръ, глицеринъ, соли хлористаго натрія и калія, такъ что легко можно сопоставить результаты изслѣдованій, относящіеся какъ къ чистымъ тѣламъ, такъ и къ ихъ растворамъ. Въ группѣ C (второго столбца) приведены химическіе элементы; въ группѣ D — окислы; въ группѣ E — хлориды нѣкоторыхъ солей, — (хлористые калій и натрій помѣщены подъ соотвѣтственными растворами) и, наконецъ, группа F содержитъ органическія жидкости.

Столбецъ 3 содержитъ концентраціи растворовъ, т. е. число граммъ-молей даннаго тѣла на литръ воды; только концентраціи глицерина выражены въ вѣсовыхъ процентахъ на сто частей раствора. Начиная съ группы C и до конца таблицы въ столбцѣ 3 указывается аггрегатное состояніе изслѣдованныхъ веществъ. 4-ый столбецъ содержитъ плотности. Всѣ плотности растворовъ въ группѣ B опредѣлены нами лично (температуры растворовъ указаны въ предыдущей таблицѣ „XXVIII“). Всѣ другія плотности взяты или изъ таблицъ Ландольта (для веществъ въ группахъ: C, D и E) или изъ Бейльштейна (группа F). Если какое либо тѣло въ указанныхъ таблицахъ содержитъ нѣсколько

опредѣленій его плотности, тогда предпочтеніе отдавалось послѣднимъ наиболѣе надежнымъ опредѣленіямъ. 5 столбецъ содержитъ въ себѣ величину поглощенія бэта частицъ радія изслѣдованными веществами. Если начальный пучекъ лучей проходитъ черезъ послѣдовательно утолщающіеся слои даннаго вещества, тогда степень іонизаціи газа въ бэта электроскопѣ соотвѣтственно уменьшается; сообразно принятому методу сравненія, каждый слой какого бы то ни было вещества приравнивается къ слою аллюминія (въ сант.), производящему въ тѣхъ же самыхъ условіяхъ опыта туже самую степень іонизаціи. Положивъ произвольно толщину аллюминія за мѣру поглощенія бэта частицъ въ данномъ слоѣ какого нибудь другого вещества, мы получаемъ два ряда чиселъ, толщину проходимаго слоя вещества — съ одной стороны и соотвѣтственныя поглощенія — съ другой; если мы теперь раздѣлимъ величину поглощенія на соотвѣтственную толщину, тогда получаемъ въ рядѣ чиселъ величину поглощенія бэта частицъ на одинъ сантиметръ толщины даннаго вещества. Отбросивъ рядъ сомнительныхъ чиселъ (для слишкомъ тонкихъ слоевъ) и взявъ изъ остальныхъ среднее ариѳметическое, мы получаемъ противъ каждаго вещества „среднее поглощеніе“, выведенное изъ 10—12 отдѣльныхъ опредѣленій. Эта величина средняго поглощенія „на сантиметръ“ толщины даннаго вещества и представлена въ 5 столбцѣ разсматриваемой таблицы подъ буквой „а“. Конечно, для самого аллюминія, среднее поглощеніе равно 1·000. Величина средняго поглощенія большинства тѣлъ дана съ точностью до второго знака, только вода, растворы сахара, глицерина и нѣкоторыя другія вещества изслѣдовались съ такой тщательностью, что точность опредѣленій величины поглощенія переходитъ на третій знакъ.

Наконецъ, 6-ой столбецъ даётъ самое важное отношеніе между величиной средняго поглощенія и плотностью поглощающей среды.

§ 62. Для большей наглядности разсматриваемыхъ зависимостей между поглощеніемъ и плотностью среды, можно привести рядъ наиболѣе типическихъ діаграммъ, относящихся къ различнымъ растворамъ. Въ таблицѣ XXVIII находятся плотности растворовъ различныхъ концентрацій; въ

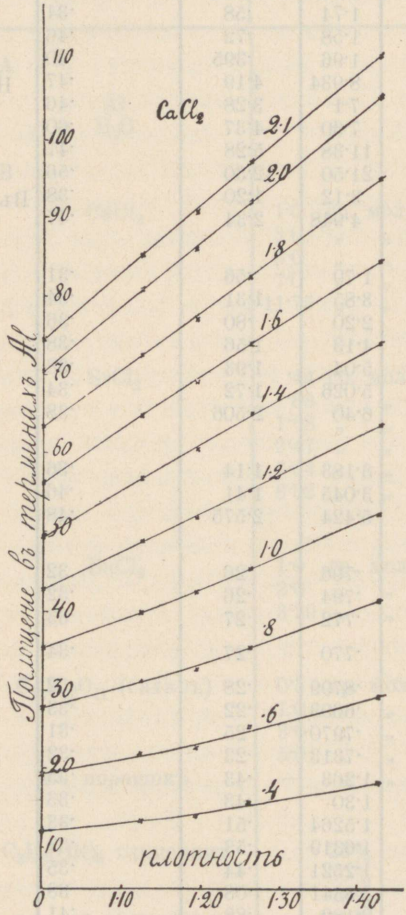
Таблица XXIX.

1	2	3	4	5	6	
№№	Вещества:	c, Концентрація	d, Плотность	a, Поглощеніе въ терминахъ Al (въ см.)	$\frac{a}{d}$	Замѣчанія о способѣ изслѣдованія.
	A					
1	Al	—	2·70	1·000	·370	
„	H_2O	—	·9981	·354±·003	·355	
	B					
„	$CaCl_2$	1·0 гр. мол.	1·0438	0·36	·35	Въ стеклянномъ клинѣ.
„		3·0 „ „	1·1249	·405	·36	
5		5·0 „ „	1·1955	·43	·36	
„		7·0 „ „	1·2627	·46	·36	
„		11·75 „ „	1·4267	·53	·37	
					Средн.: ·36	
„	$SrCl_2$	·44 гр. мол.	1·0296	·37	·36	„
„		·88 „ „	1·0592	·375	·35	
10		1·68 „ „	1·1117	·40	·36	
„		2·47 „ „	1.1614	·43	·37	
„		3·34 „ „	1·2098	·46	·38	
„		6·32 „ „	1·3698	·52	·38	
					Средн.: ·37	
„	$BaCl_2$	1·0 гр. мол.	1·0887	·42	·39	„
15		2·0 „ „	1·1730	·46	·39	
„		3·29 „ „	1·2760	·504	·39	
					Средн.: ·39	
„	$C_{12}H_{22}O_{11}$ (сахаръ)	0·5 гр. мол.	1·0585	·362	·342	Въ ячейкѣ.
„		1·0 „ „	1·1070	·385	·346	
„		3·0 „ „	1·2351	·429	·347	
20		5·0 „ „	1·3095	·456	·348	
„	въ порошкѣ	— „ „	1·61	·560	·349	
					Средн.: ·346	
„	$C_3H_5(OH)_3$ глицеринъ	25%	1·0595	·365	·344	Въ стеклянномъ клинѣ.
„		50%	1·1249	·382	·340	
„		75%	1·1927	·416	·349	
25	чистый глицеринъ	100%	1·2604	·438	·340	
					Средн.: ·344	
„	NaCl	2·0 гр. мол.	1.0748	·387	·36	Въ стеклянной ячейкѣ.
„		4·0 „ „	1·1402	·403	·35	
„		6·14 „ „	1·2017	·412	·34	
„	въ порошкѣ	— „ „	2·17	·76	·35	
					Средн.: ·35	

30	H_2SO_4	2·74 гр. мол.	1·0853	·40	·37	
„		4·78 „ „	1·1464	·425	·37	
„		7·09 „ „	1·2121	·435	·36	Въ стек-
„		10·39 „ „	1·3006	·47	·36	лянномъ
„		20·28 „ „	1·5457	·55	·36	клинѣ.
35		35·58 „ „	1·8364	·66	·36	
					Средн.: ·36	
	C					
		Аггрегат. сост.				
„	C (уголь)	порошокъ	1·885	·595	·32	Въ ячейкахъ
„	„ (графитъ)	„	2·17	·701	·32	„
„	Mg	„	1·74	·58	·34	„
„	Ca	„	1·58	·72	·46	„
40	S	„	1·96	·395	·40	„
„	Cu	тонк. листъ	8·934	4·19	·47	Непосред.
„	Zn	„	7·1	3·28	·46	„
„	Sn	„	7·30	4·37	·60	„
„	Pb	„	11·38	5·28	·47	„
45	Pt	„	21·50	12·30	·56	„
„	Br	жидкость	3·12	1·20	·38	Въ ячейкахъ
„	J	порошокъ	4·948	2·34	·47	„
	D					
„	B_2O_3	„	1·79	·56	·31	„
„	Al_2O_3	„	3·85	1·31	·34	„
50	SiO_2	„	2·20	·80	·36	„
„	TiO_2	„	4·13	1·56	·38	„
„	Cr_2O_3	„	5·04	1·93	·38	„
„	MnO_2	„	5·026	1·72	·34	„
„	CuO	„	6·40	2·506	·38	„
	E					
55	$CaFl_2$	„	3·183	1·14	·36	„
„	$BaCl_2 \cdot 2H_2O$	„	3·045	1·41	·46	„
„	$HgCl_2$	„	5·424	2·575	·48	„
	F					
„	$CH_3 \cdot OH$	жидкость	·796	·26	·32	„
„	$C_2H_5 \cdot OH$	„	·794	·26	·32	„
60	$C_3H_7 \cdot OH$	„	·772	·27	·33	„
„	$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!\!CH \cdot OH$	„	·770	·27	·34	„
„	C_6H_6	„	·8799	·28	·32	„
„	C_6H_{14}	„	·6603	·22	·33	„
„	C_3H_6O	„	·7970	·25	·31	„
65	$C_4H_{10}O$	„	·7313	·23	·32	„
„	CS_2	„	1·263	·43	·35	„
„	$CO(NH_2)_2$	порошокъ	1·30	·43	·33	„
„	$CHCl_3$	жидкость	1·5264	·51	·33	„
„	CCl_4	„	1·6319	·53	·33	„
70	$C_2H_4Cl_2$	„	1·2521	·44	·35	„
„	$CHBr_3$	„	2·8341	1·08	·38	„
„	$C_2H_4Br_2$	„	2·182	·88	·41	„
„	C_6H_5Br	„	1·491	·56	·38	„
„	$C_{10}H_7Br$	„	1·4888	·55	·37	„
75	CBr_4	порошокъ	3·42	1·41	·41	„
„	CHJ_3	„	4·008	2·08	·50	„
„	CH_2J_2	жидкость	3·342	1·96	·59	„
„	$C_6H_5NO_2$	„	1·212	·36	·30	„
79	$C_6H_5NH_2$	„	1·034	·315	·30	„

таблицахъ: „XVI“ для $CaCl_2$, „XVIII“ для $SrCl_2$, „XX“ — для растворовъ тростниковаго сахара, „XXII“ — для растворовъ глицерина и т. д. можно легко найти величину поглощенія бэта частицъ каждымъ слоемъ раствора опредѣленной толщины и опредѣленной концентраціи.

Если теперь на ось абсциссъ мы нанесемъ плотности растворовъ и на ось ординатъ поглощенія бэта частицъ въ обозначеніяхъ аллюминія, тогда для каждаго слоя опредѣленной толщины мы имѣемъ кривую зависимости между величиной поглощенія и плотностью поглощающей среды.



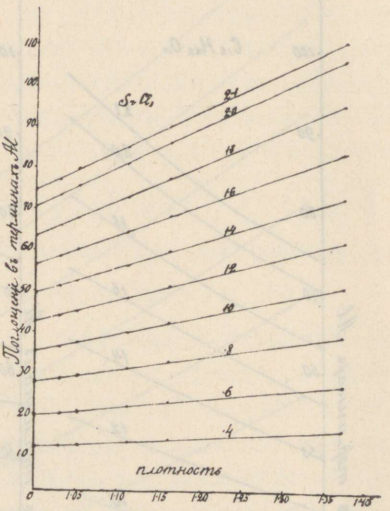
Фиг. 15.

На Фиг. 15 дана діаграмма для $CaCl_2$. Діаграмма заключаетъ въ себѣ отдѣльную кривую для каждаго слоя опредѣленной толщины. Изслѣдуемые въ стеклянномъ клинѣ слои измѣнялись въ предѣлахъ отъ ·04 до ·21 сант. толщины. Каждая кривая на діаграммѣ обозначена тѣмъ числомъ, которое соотвѣтствуетъ толщинѣ жидкаго слоя различныхъ плотностей. Начальныя точки, лежащія на осяхъ ординатъ, соотвѣтствуютъ поглощенію бэта частицъ чистой водой при данной толщинѣ слоя, а конечныя точки — поглощенію жидкими слоями насыщенныхъ, наиболѣе плотныхъ растворовъ. Изъ діаграммы видно, что поглощеніе прямо пропорціонально измѣненію плотности раствора (одной и той же соли), т. е. $a = kd$, гдѣ a — поглощеніе въ терминахъ аллюминія, d — плотности растворовъ и k — нѣкоторая постоянная. Эта зависимость на діаграммѣ $CaCl_2$ (Фиг. 15) выражается сплошь прямыми линіями.

Въ таблицѣ „XXIX“ видно, что у растворовъ $CaCl_2$ отношеніе $\frac{a}{d}$ съ измѣненіемъ плотности раствора остается постояннымъ, равнымъ въ среднемъ ·36. (См. XXIX таблицу, группу B, столбцы 4, 5 и 6 для $CaCl_2$).

Еще нагляднѣе выступаетъ строгая пропорціональность въ зависимости между плотностью среды и величиной поглощ - нія на діаграммѣ $SrCl_2$, Фиг. 16.

На этой діаграммѣ отдѣльныя кривыя для каждой опредѣленной толщины жидкаго слоя представляются совершенно прямыми, почти параллельными другъ другу линіями.

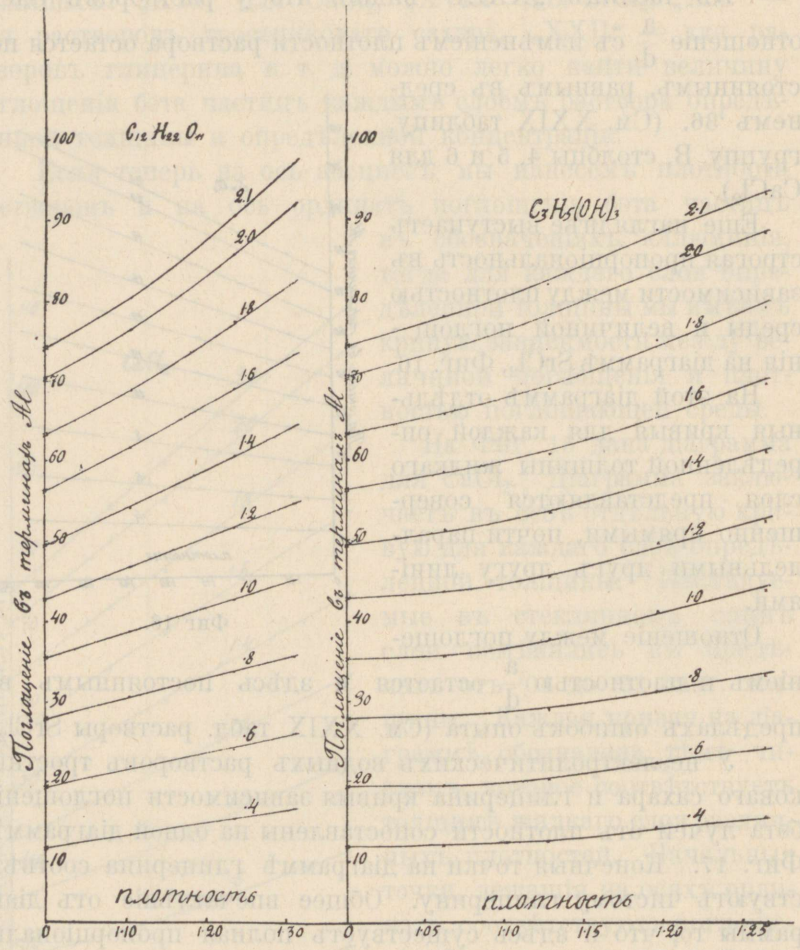


Фиг 16.

Отношеніе между поглощеніемъ и плотностью $\frac{a}{d}$ остается и здѣсь постояннымъ въ предѣлахъ ошибокъ опыта (См. XXIX табл. растворы $SrCl_2$).

У неэлектролитическихъ водныхъ растворовъ тростниковаго сахара и глицерина кривыя зависимости поглощенія бэта лучей отъ плотности сопоставлены на одной діаграммѣ, Фиг. 17. Конечныя точки на діаграммѣ глицерина соотвѣтствуютъ чистому глицерину. Общее впечатлѣніе отъ діаграммы то, что и здѣсь существуетъ полная пропорціональность въ зависимости величинъ поглощенія отъ плотности поглощающей среды. Уже ранѣе на Фиг. 14 было отмѣчено, что плотность сахара измѣняется далеко не пропорціонально концентраціи раствора. Здѣсь же на діаграммѣ 17 кривыя зависимости поглощенія отъ плотности представляютъ собою почти прямыя линіи.

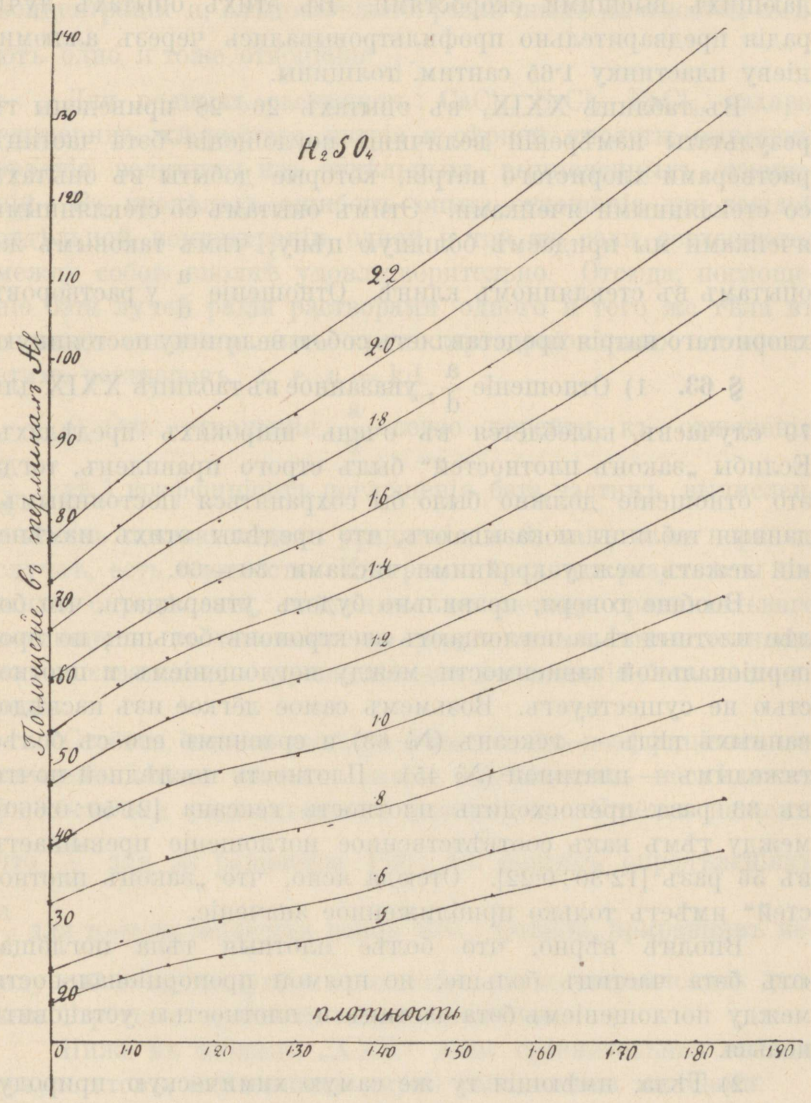
Постоянная k, опредѣляемая изъ отношенія $\frac{a}{d}$, для растворовъ тростниковаго сахара и глицерина вычислена до третьяго знака и, какъ это видно изъ таблицы XXIX, величина этого отношенія измѣняется не далѣе предѣловъ третьяго знака.



Фиг 17.

Растворы сѣрной кислоты, плотность которыхъ измѣнялась въ предѣлахъ отъ 1·00 до 1·84, даютъ тотъ же самый результатъ, какъ и предыдущіе растворы. (См. Фиг. 18).

Стеклянный клинъ, въ которомъ изслѣдовались растворы сѣрной кислоты, представлялъ собою нѣкоторые дефекты, — и наибольшей достовѣрностью отличаются данныя, относящіяся къ болѣе толстымъ слоямъ. На діаграммѣ (Фиг. 18) нанесены кривыя для всѣхъ слоевъ, но ясно, что высшіе слои скорѣе приближаются къ прямымъ линіямъ, чѣмъ низшіе.



Фиг. 18.

Средняя величина поглощенія, дѣленная на плотность у растворовъ сѣрной кислоты, представляетъ собою величину постоянную, равную ·38. (См. табл. XXIX, №№ 30—34).

Что касается діаграммъ NaCl и KCl, то мы ихъ опускаемъ, такъ какъ онѣ вполнѣ аналогичны предыдущимъ, хотя и относятся къ поглощенію бэта частицъ радія, обла-

дающихъ высшими скоростями. Въ этихъ опытахъ лучи радія предварительно профильтровывались черезъ аллюминіеву пластинку 1·65 сантим. толщины.

Въ таблицѣ XXIX, въ опытахъ 26—28 приведены тѣ результаты измѣреній величины поглощенія бэта частицъ растворами хлористаго натрія, которые добыты въ опытахъ со стеклянными ячейками. Этимъ опытамъ со стеклянными ячейками мы придаемъ бо́льшую цѣну, чѣмъ таковымъ же опытамъ въ стеклянномъ клинѣ. Отношеніе $\frac{a}{d}$ у растворовъ хлористаго натрія представляетъ собою величину постоянную.

§ 63. 1) Отношеніе $\frac{a}{d}$, указанное въ таблицѣ XXIX для 79 случаевъ, колеблется въ очень широкихъ предѣлахъ. Еслибы „законъ плотностей“ былъ строго правиленъ, тогда это отношеніе должно было бы сохраняться постояннымъ; данныя таблицы показываютъ, что предѣлы этихъ измѣненій лежатъ между крайними числами ·30—·60.

Вообще говоря, правильно будетъ утверждать, что болѣе плотныя тѣла поглощаютъ электроновъ больше; но пропорціональной зависимости между поглощеніемъ и плотностью не существуетъ. Возьмемъ самое лёгкое изъ изслѣдованныхъ тѣлъ — гексанъ (№ 63) и сравнимъ его съ болѣе тяжелымъ — платиной (№ 45). Плотность послѣдней почти въ 33 раза превосходитъ плотность гексана [21·50 : 0·660], между тѣмъ какъ соотвѣтственное поглощеніе превышаетъ въ 56 разъ [12·30 : 0·22]. Отсюда ясно, что „законъ плотностей“ имѣетъ только приближенное значеніе.

Вполнѣ вѣрно, что болѣе плотныя тѣла поглощаютъ бэта частицъ больше, но прямой пропорціональности между поглощеніемъ бэта частицъ и плотностью установить нельзя.

2) Тѣла, имѣющія ту же самую химическую природу, но измѣняющія свою кристаллографическую форму и вмѣстѣ съ тѣмъ свою плотность, имѣютъ одинаковое численное отношеніе $\frac{a}{d}$; примѣромъ служатъ уголь и графитъ (№№ 36 37); иными словами, аллотропія не измѣняетъ величины отношенія $\frac{a}{d}$.

3) Растворы одного и того же вещества, но различной

концентраціи и, слѣдовательно, различныхъ плотностей имѣютъ одно и тоже отношеніе $\frac{a}{d}$.

Для водныхъ растворовъ: $CaCl_2$, $SrCl_2$, $BaCl_2$, сахара, глицерина, хлористаго натрія и сѣрной кислоты выведены среднія величины изъ отдѣльныхъ вычисленныхъ отношеній. Въ предѣлахъ ошибокъ опыта отношенія для каждой отдѣльной концентраціи одной и той же соли согласуются между собою вполнѣ удовлетворительно. Отсюда, поглощеніе бэта лучей радія растворами одного и того же тѣла въ разныхъ концентраціяхъ прямо пропорціонально плотности этихъ растворовъ, т. е. $a = kd$.

4) Отъ отношенія $\frac{a}{d}$ легко перейти къ отношенію $\frac{\lambda}{d}$, гдѣ λ коэффиціентъ поглощенія бэта частицъ, вычисленный изъ показательнаго уравненія, а d, какъ и въ первомъ случаѣ, есть плотность. Интересно сравнить результаты нашихъ опредѣленій, найденные по методу сравнительнаго поглощенія, съ таковыми же результатами, вычисленными изъ показательнаго уравненія для поглощенія бэта частицъ радія.

Стрёттъ,[1]) какъ извѣстно, вычислилъ коэффиціентъ поглощенія λ бэта частицъ радія, выдѣляемыхъ послѣднимъ въ состояніи радіоактивнаго равновѣсія. Стрёттъ нашелъ, что $\frac{\lambda}{d}$ для Al равняется 4·30; въ нашихъ опредѣленіяхъ $\frac{a}{d}$ для того же вещества равно ·370. Отсюда, приравнявъ между собою предыдущія отношенія, легко перечислить данныя Стрётта и сравнить ихъ съ нашими.

Ниже въ таблицѣ „XXX“ дана сравнительная оцѣнка результатовъ, найденныхъ двумя различными методами.

Въ первомъ столбцѣ помѣщены металлы, изслѣдованные Стрёттомъ и авторомъ этой работы, во второмъ столбцѣ приведены значенія $\frac{\lambda}{d}$ изъ таблицы Стрётта. Въ 3-емъ столбцѣ сведены вычисленныя значенія $\frac{a}{d}$, если для аллюми-

1) Strutt: Nature, 61 (1900), p. 540.

Таблица XXX.

1	2	3	4
Металлы:	Стрёттъ. Найдено: $\frac{\lambda}{d}$	Перечислено $\frac{\lambda}{d}$ на $\frac{a}{d}$	Бородовскій. Найдено: $\frac{a}{d}$
Al	4·30	·370	·370
Zn	5·58	·48	·46
Cu	5·50	·47	·47
Sn	7·01	·60	·60
Pb	5·48	·47	·47
Pt	7·34	·63	·56

нія, основного вещества, приравнять отношенія $\frac{\lambda}{d}$ и $\frac{a}{d}$ [или коэффиціентъ поглощенія λ приравнять a]; въ 4-омъ столбцѣ указаны найденныя изъ опыта значенія $\frac{a}{d}$. Какъ видно изъ таблицы, согласіе между вычисленными и найденными значеніями вполнѣ удовлетворительное. Только послѣдній металлъ — платина даетъ разницу почти 13%; съ нашей стороны ошибка лежитъ отчасти въ томъ, что мы пользовались обрѣзками платины недостаточной ширины (иныхъ не было въ нашемъ распоряженіи), и потому значеніе $\frac{a}{d}$ должно бы быть больше; но съ другой стороны готовы допустить, что и значенія Стрётта нѣсколько высоко; коэффиціентъ абсорбціи для Pt долженъ быть не 7·34 какъ даётъ Стрёттъ, а нѣсколько меньше.

Коэффиціентъ абсорбціи бэта лучей урана платиной, по даннымъ Шмидта[1]), меньше, чѣмъ у Стрётта для поглощенія радіевыхъ бэта лучей. Если взять изъ данныхъ Шмидта, коэффиціентъ абсорбціи Al за 15·0 и отношеніе $\frac{\lambda}{d} = 5{\cdot}66$ приравнять нашему отношенію $\left(\frac{a}{d}\right)$ т. е. ·370, тогда для Pt получается величина ·61.

5) Что касается химическихъ элементовъ (см. XXIX, C),

1) H. W. Schmidt: Jahrb. der Radioaktivität und Electronik, V, 1908 p. 486.

то величина отношенія $\frac{a}{d}$ является не постоянной; поглощеніе бэта лучей атомами химическихъ элементовъ зависитъ еще, очевидно, и отъ природы самого атома. Въ главѣ объ атомномъ поглощеніи этому вопросу будетъ удѣлено надлежащее мѣсто.

Глава IX.

Зависимость между поглощеніемъ бэта лучей радія и концентраціей растворовъ.

§ 64. Если пучекъ бэта частицъ проходитъ черезъ жидкій слой раствора одной и той же толщины, тогда, при измѣненіи концентраціи, заранѣе можно предполагать, что количество поглощенныхъ бэта частицъ будетъ больше въ растворахъ концентрированныхъ, чѣмъ въ разбавленныхъ: растворы высшихъ концентрацій представляютъ въ жидкомъ слоѣ бо́льшее количество молекулъ, съ которыми бэта частицы приходятъ въ столкновеніе и такъ или иначе поглощаются ими. Существуетъ-ли въ этомъ случаѣ прямая пропорціональность между поглощеніемъ электроновъ и концентраціей раствора, отвѣтить непосредственно изъ данныхъ опыта нельзя. При увеличеніи концентраціи, какъ извѣстно, увеличивается и плотность раствора; отсюда, изслѣдуя слой одной и той же толщины, но различныхъ концентрацій, мы должны учесть, во-первыхъ, какая доля поглощенныхъ электроновъ приходится на увеличеніе плотности среды и, во-вторыхъ, какая доля на увеличеніе самой концентраціи.

Въ настоящей работѣ были изслѣдованы водные растворы какъ электролитовъ, такъ и неэлектролитовъ. На діаграммѣ плотностей (Фиг. 14) было наглядно показано, что плотности изслѣдованныхъ растворовъ, кромѣ глицериновыхъ, возрастаютъ гораздо быстрѣе, чѣмъ концентраціи.

Если толщина жидкаго слоя при различныхъ концентраціяхъ, держится постоянной, то всякій разъ съ увеличе-

ніемъ концентраціи уменьшается относительная масса растворителя и увеличивается масса растворимаго тѣла. Отсюда становится необходимымъ расщепить сложное явленіе поглощенія электроновъ растворами на два простыхъ: на поглощеніе растворителемъ съ одной стороны и на поглощеніе растворимымъ тѣломъ съ другой. Если величина поглощенія водой и величина поглощенія чистой солью не мѣняются съ разбавленіемъ, то правильно будетъ заключеніе, что диссоціированныя молекулы соли поглощаютъ тоже количество электроновъ, какъ и недиссоціированныя.

Допустимъ, мы имѣемъ данныя поглощенія бэта лучей слоемъ чистой воды и затѣмъ слоемъ раствора какой нибудь соли.

Обозначимъ процентное содержаніе воды и соли въ общей массѣ раствора буквами: M_w и M_s ; плотность раствора пусть будетъ d и толщина слоя жидкости t. Если въ 100 грам. раствора находится чистой воды M_w грам., то въ одномъ граммѣ будетъ $\frac{M_w}{100}$, а въ слоѣ раствора съ основаніемъ въ одинъ квадратный сантиметръ, плотностью — d и высотою t, масса чистой воды въ граммахъ будетъ равна:

$$\frac{M_w}{100} \times dt \qquad (I)$$

Соотвѣтственно этому масса соли въ растворѣ въ тѣхъ же самыхъ условіяхъ равна:

$$\frac{M_s}{100} \times dt \qquad (II)$$

Если поглощеніе водой, взятой не въ растворѣ, а въ чистомъ видѣ, толщиной въ t сантиметровъ обозначимъ A_w, тогда поглощеніе бэта лучей слоемъ чистой воды въ одинъ сантиметръ высоты будетъ равно: $\frac{a_w}{t}$ см. Al.

Отсюда относительное поглощеніе водой въ растворѣ толщиной въ t сантиметровъ равно:

$$a_w \times \frac{M_w}{100} \times d, \qquad (III)$$

такъ какъ, по доказанному ранѣе, поглощеніе бэта лучей прямо пропорціонально массѣ вещества.

Если поглощеніе бэта лучей слоемъ самого раствора въ одинъ сантиметръ толщины обозначимъ A, тогда поглощеніе чистой солью a_s будетъ опредѣляться изъ разности:

$$a_s = A - a_w \times \frac{M_w}{100} \times d \qquad (IV)$$

и поглощеніе единицей массы (однимъ граммомъ) растворимаго тѣла опредѣляется уравненіемъ:

$$\frac{a_s \times 100}{M_s \times dt} \qquad (V)$$

Пользуясь этими уравненіями, можно вычислить относительное поглощеніе бэта лучей, приходящееся на долю каждой составной части раствора, т. е. на растворитель и на растворимое тѣло. Очевидно, что, по мѣрѣ увеличенія концентраціи раствора, относительная масса растворителя убываетъ и масса растворимаго тѣла возрастаетъ; соотвѣтственно тому и относительное поглощеніе бэта лучей радія растворителемъ будетъ убывать и поглощеніе растворимымъ тѣломъ возрастать.

Ниже въ рядѣ таблицъ дана сводка вычисленій для величины поглощенія бэта лучей радія чистой водой и чистой солью въ слояхъ различной толщины и различной концентраціи.

§ 65. Таблица XXXI заключаетъ въ себѣ данныя вычисленій для $CaCl_2$. Въ первомъ столбцѣ указаны толщины взятыхъ слоевъ жидкости. Во второмъ приведены поглощенія бэта лучей чистой водой слоями соотвѣтствующей толщины. Далѣе послѣдовательныя графы относятся къ различнымъ концентраціямъ въ 3, 5, 7 и 11·75 граммъ-молей на литръ воды съ указаніемъ соотвѣтственныхъ плотностей раствора — d. Для каждой такой концентраціи приведены пять столбцовъ; первый даетъ величину поглощенія бэта лучей въ терминахъ аллюминія для разныхъ слоевъ самого раствора — A, второй — поглощеніе чистой водой въ данномъ растворѣ — a_w; третій — отношеніе поглощенія къ толщинѣ — $\frac{a_w}{t}$ для воды; четвертый столбецъ — поглощеніе чистой солью — a_s; и пятый — отношеніе поглощенія къ толщинѣ слоя — $\frac{a_s}{t}$. Концентрація выражена въ

Таблица XXXI.

$CaCl_2$.

1 Толщина слоя въ см. t	2 Поглощеніе водой въ терминахъ Al. (см.) a_w	3 Mol.; d = 1·1249; H_2O = 85·72% и $CaCl_2$ = 14·28%. Поглощеніе въ терм. Al. (см.)					5 Mol.; d = 1·1955; H_2O = 78·27%; $CaCl_2$ = 21.73%. Поглощеніе въ терм. Al. (см.)				
		растворомъ A	водой раствора (85·72%) a_w	водой раствора $\frac{a_w}{t}$	солью раствора (14·28%) a_s	солью раствора $\frac{a_s}{t}$	растворомъ A	водой раствора (78·27%) a_w	водой раствора $\frac{a_w}{t}$	солью раствора (21·73%) a_s	солью раствора $\frac{a_s}{t}$
·08	·0277	·0314	·0267	·334*	·0047	·059*	·0323	·0259	·324*	·0064	·080
·10	·0354	·0400	·0341	·341	·0059	·059	·0424	·0331	·331	·0093	·093*
·12	·0427	·0490	·0412	·343	·0078	·065	·0517	·0400	·333	·0117	·098
·14	·0494	·0569	·0476	·340	·0093	·066	·0604	·0462	·330	·0142	·101
·16	·0562	·0648	·0542	·338	·0106	·066	·0686	·0526	·329	·0160	·100
·18	·0631	·0726	·0608	·338	·0118	·066	·0770	·0590	·328	·0180	·100
·20	·0703	·0810	·0678	·339*	·1320	·066*	·0855	·0658	·329	·0197	·099
·21	·0742	—	—	—	—	—	·0905	·0694	·330*	·0201	·096*
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·339		·063			·329		·098
Среднее поглощеніе на единицу массы.						·39					·38

Толщина слоя въ см. t	Поглощеніе водой въ терминахъ Al. (см.) a_w	7 Mol.; d = 1·2627; H_2O = 72·02%; $CaCl_2$ = 27·98%. Поглощеніе въ терм. Al. (см.)					11·75 Мол.; d = 1·4267; H_2O = 59·55%; соли = 40·45% Поглощеніе въ терм. Al. (см.)				
		растворомъ A	водой раствора (72.02%) a_w	водой раствора $\frac{a_w}{t}$	солью раствора (27·98%) a_s	солью раствора $\frac{a_s}{t}$	растворомъ A	водой раствора (59·55%) a_w	водой раствора $\frac{a_w}{t}$	солью раствора (40·45%) a_s	солью раствора $\frac{a_s}{t}$
·08	·0277	·0353	·0252	·315	·0101	·136*	·0414	·0235	·294*	·0179	·224*
·10	·0354	·0456	·0322	·322*	·0134	·134	·0521	·0301	·301	·0220	·220
·12	·0427	·0552	·0388	·323	·0164	·137	·0635	·0363	·302	·0272	·227
·14	·0494	·0653	·0449	·321	·0204	·146	·0740	·0420	·300	·0320	·229
·16	·0562	·0741	·0511	·319	·0230	·144	·0845	·0477	·298	·0368	·230
·18	·0631	·0824	·0574	·319	·0250	·139	·0950	·0536	·298	·0414	·230
·20	·0703	·0919	·0639	·320	·0280	·140	·1055	·0597	·298	·0458	·229
·21	·0742	·0970	·0675	·321*	·0295	·140*	·1106	·0630	·300*	·0476	·227*
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·321		·140			·299		·227
Среднее поглощеніе на единицу массы.						·39					·39

граммъ-моляхъ и въ процентахъ: въ графахъ относительно поглощенія водой и солью (a_w, a_s) указано процентное содержаніе воды и соли въ данномъ растворѣ. Само собой понятно, что сумма поглощеній бэта лучей чистой водой и чистой солью должна равняться величинѣ поглощенія растворомъ.

Внизу таблицы указаны величины средняго поглощенія водой и солью въ отдѣльности: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$; и, наконецъ, въ особой графѣ приведено среднее поглощеніе на единицу массы растворимаго вещества:

$$\frac{a_s \times 100}{M_w \times t} \qquad \text{(VI)}$$

При сравненіи средняго поглощенія на единицу массы у различныхъ концентрацій видно, что это поглощеніе остается постояннымъ. Отсюда поглощеніе бэта лучей радія въ растворахъ $CaCl_2$ прямо пропорціонально концентраціи:

$$a = kc.$$

Графическое изображеніе результатовъ предыдущей таблицы представлено на діаграммѣ (см. Фиг. 19).

На осяхъ ординатъ нанесены поглощенія бэта лучей радія въ терминахъ аллюминія, и на осяхъ абсциссъ концентраціи раствора въ граммъ-моляхъ на литръ воды. На діаграммѣ даны три серіи кривыхъ: первая серія густо вычерченныхъ кривыхъ представляетъ собою зависимость поглощенія отъ концентраціи для жидкихъ слоевъ самого раствора безъ всякихъ поправокъ на измѣненіе плотности; надъ каждой кривой стоитъ обозначеніе толщины слоя раствора (въ миллиметрахъ); начальныя точки кривой, лежащія на оси ординатъ представляютъ собою величину поглощенія бэта лучей радія чистой водой, взятой въ слоѣ указанной толщины; конечныя точки соотвѣтствуютъ поглощеніямъ тѣхъ же лучей слоями насыщеннаго раствора $CaCl_2$.

Вторая серія кривыхъ, вычерченныхъ пунктиромъ, представляетъ собою величину поглощенія бэта лучей, приходящуюся на долю чистой воды въ данномъ растворѣ. По мѣрѣ увеличенія концентраціи, относительное содержаніе

Таблица XXXII.

$SrCl_2$

Толщина слоя въ см. t	Поглощеніе водой въ терм. Al. a_w	0·44 Mol.; d = 1·0296.				
		A растворъ.	a_w вода 96·68%	$\frac{a_w}{t}$	a_s соль 3·32%	$\frac{a_s}{t}$
·08	·0277	·0287	·0276	·345*	·0011	·014*
·10	·0354	·0365	·0352	·352	·0013	·013
·12	·0427	·0437	[·0425]	·354	·0012	·010
·14	·0494	·0512	·0492	·351	·0020	·014
·16	·0562	·0585	·0559	·349	·0026	·016
·18	·0631	·0660	·0628	·349	·0032	·017
·20	·0703	·0732	·0700	·350	·0032	·016
·21	·0742	·0768	·0738	·351*	·0030	·014*
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·350		·014
Среднее поглощеніе на единицу массы						·41

Толщина слоя въ см. t	Поглощеніе водой въ терм. Al. a_w	0·88 Mol.; d = 1·0592.				
		A растворъ	a_w вода 93.48%	$\frac{a_w}{t}$	a_s соль 6·52%	$\frac{a_s}{t}$
·08	·0277	·0297	·0275	[·344]	·0022	·027
·10	·0354	·0374	·0350	·350*	·0024	·024*
·12	·0427	·0449	[·0433]	[·361]	·0016	[·013]
·14	·0494	·0523	·0492	·351	·0031	·022
·16	·0562	·0603	·0556	·348	·0047	·029
·18	·0631	·0680	·0626	·353	·0054	·030
·20	·0703	·0758	·0698	·349	·0060	·030
·21	·0742	·0800	·0736	·350*	·0064	·030*
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·350		·028
Среднее поглощеніе на единицу массы						·41

Толщина слоя въ см. t	Поглощеніе водой въ терм. Al. a_w	1·68 Mol.; d = 1·1117.				
		A растворъ	a_w вода 88·23%	$\frac{a_w}{t}$	a_s соль 11·77%	$\frac{a_s}{t}$
·08	·0277	·0307	·0271	·340*	·0036	·045*
·10	·0354	·0397	·0347	·347	·0050	·050
·12	·0427	·0483	·0419	·349	·0064	·053
·14	·0494	·0559	·0484	·340	·0075	·054
·16	·0562	·0645	·0551	·344	·0094	·059
·18	·0631	·0724	·0619	·344	·0105	·058
·20	·0703	·0805	·0690	·345	·0115	·058
·21	·0742	·0846	·0728	·345*	·0118	·056*
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·344		·054
Среднее поглощеніе на единицу массы						·41

Толщина слоя въ см. t	Поглощеніе водой въ терм. Al. a_w	2·47 Mol.; d = 1·1614.				
		A растворъ	a_w вода 83·61%	$\frac{a_w}{t}$	a_s соль 16·39%	$\frac{a_s}{t}$
·08	·0277	·0337	·0269	·336*	·0068	·085*
·10	·0354	·0434	·0344	·344	·0090	·090
·12	·0427	·0520	·0415	·346	·0105	·088
·14	·0494	·0606	·0480	·343	·0126	·090
·16	·0562	·0686	·0546	·341	·0140	·088
·18	·0631	·0773	·0613	·341	·0160	·088
·20	·0703	·0857	.0683	·341	·0174	·087
·21	·0742	·0901	·0721	·343*	·0180	·086
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·342		·088
Среднее поглощеніе на единицу массы						[·46]

Толщина слоя въ см. t	Поглощеніе водой въ терм. Al. a_w	6·32 Mol.; d = 1·3698.				
		A растворъ	a_w вода 66·61%	$\frac{a_w}{t}$	a_s соль 33·39%	$\frac{a_s}{t}$
.08	·0277	·0389	·0253	[·316]	·0126	[·158]
·10	·0354	·0508	·0323	·323*	·0185	·185*
·12	·0427	·0618	·0390	·325	·0228	·190
·14	·0494	·0722	·0451	·322	·0271	·193
·16	·0562	·0832	·0525	·328	·0307	·192
·18	·0631	·0951	·0576	·320	·0375	·208
·20	·0703	·1061	·0642	·320	·0419	·208
·21	·0742	·1103	·0677	·322*	·0426	·203*
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·323		·197
Среднее поглощеніе на единицу массы						·43

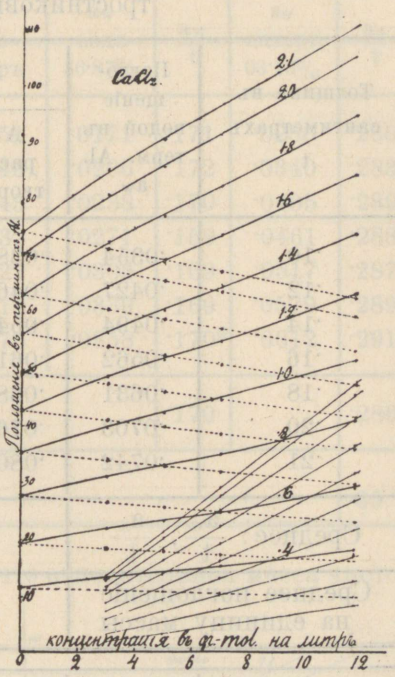
воды въ растворѣ убываетъ и вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшается и поглощеніе. На діаграммѣ эта зависимость ясно выступаетъ, такъ какъ всѣ пунктирныя кривыя наклонены подъ нѣкоторымъ угломъ къ оси абсциссъ. Наконецъ, третья серія тонко вычерченныхъ кривыхъ на той же діаграммѣ относится къ поглощенію бэта лучей чистой солью въ растворахъ различныхъ концентрацій. Эти кривыя быстро поднимаются вверхъ, такъ какъ содержаніе соли въ растворахъ болѣе концентрированныхъ соотвѣтственно возрастаетъ. Начало этихъ кривыхъ поглощенія (третьей серіи) совпадаетъ, конечно, съ началомъ координатъ. Какъ во второй, такъ и въ третьей серіи кривыхъ не указаны соотвѣтственныя толщины тѣхъ слоевъ, къ которымъ относится каждая кривая; тѣмъ не менѣе по аналогіи съ первой серіей кривыхъ, гдѣ надъ каждой кривой дана соотвѣтственная толщина, легко опредѣлить таковую толщину и въ остальныхъ кривыхъ.

§ 66. Таблица XXXII, составленная по типу предыдущей, содержитъ въ себѣ всѣ данныя, касающіяся зависимости между поглощеніемъ бэта лучей радія и концентраціей растворовъ $SrCl_2$. Тонкіе слои раствора (·04—0·8) опу-

щены въ таблицахъ, такъ какъ явно въ нихъ среднее поглощеніе раствора нѣсколько иное, чѣмъ въ остальныхъ слояхъ.

При сравненіи средняго поглощенія на единицу массы получаются величины около ·41—·43.

Графическое изображеніе результатовъ таблицы XXXII находится на діаграммѣ, Фиг. 20. Первая серія густо вычерченныхъ кривыхъ и потомъ третья серія кривыхъ для соли $SrCl_2$ представляются слегка вогнутыми къ оси абсциссъ, что соотвѣтствуетъ измѣненію плотностей водныхъ растворовъ этой соли.



Фиг. 19.

Изъ данныхъ таблицы XXXII, за исключеніемъ концентраціи въ 2·47 молей, среднее поглощеніе на единицу массы растворимой соли $SrCl_2$ колеблется въ узкихъ предѣлахъ отъ ·41—·43. Это постоянство величины средняго поглощенія доказываетъ, что на явленія поглощенія бэта лучей физическое состояніе раствора не оказываетъ никакого вліянія: поглощеніе прямо пропорціонально концентраціи раствора.

§ 67. Въ таблицѣ XXXIII даны опредѣленія поглощеніе бэта лучей радія въ терминахъ Al растворами тростниковаго сахара различныхъ концентрацій; графическое изображеніе относящихся сюда зависимостей представлено на діаграммѣ, Фиг. 21. Измѣненіе плотности съ концентраціей у растворовъ сахара было особенно характерно: кривая была значительно вогнутой къ оси абсциссъ (см. Фиг. 14). Здѣсь на діаграммѣ, также замѣтна вогнутость кривыхъ (первой серіи), хотя степень этой вогнутости не такова, какъ бы слѣдовало ожидать. Кривыя, изображающія поглощеніе бэта лучей чистой водой (на діаграммѣ онѣ вычерчены пунктиромъ), представляются, наоборотъ, выпуклыми къ оси аб-

Таблица XXXIII.

$C_{12}H_{22}O_{11}$

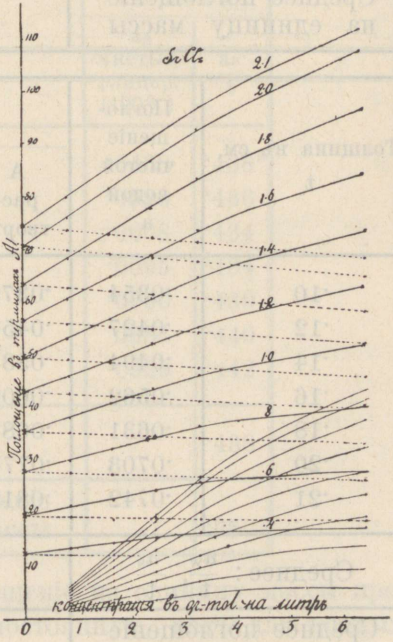
тростниковый сахаръ.

Толщина въ сантиметрахъ t	Поглощеніе водой въ терм. Al. a_w	1 Mol.; d = 1·1070				
		A растворъ	a_w вода 74·50%	$\frac{a_w}{t}$	a_s сахаръ 25·50%	$\frac{a_s}{t}$
·10	·0354	·0388	·0292	·292*	·0096	·096*
·12	·0427	·0467	·0352	·293	·0115	·096
·14	·0494	·0540	·0407	·291	·0133	·095
·16	·0562	·0616	·0463	·289	·0153	·096
·18	·0631	·0688	·0520	·288	·0168	·093
·20	·0703	·0765	·0580	·290	·0185	·093
·21	·0742	·0806	·0612	·291*	·0194	·092*
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·291		·094
Среднее поглощеніе на единицу массы						·33

Толщина въ сантиметрахъ t	Поглощеніе водой въ терм. Al. a_w	3 Mol.; d = 1·2351				
		A растворъ	a_w вода 49·33%	$\frac{a_w}{t}$	a_s сахаръ 50·67%	$\frac{a_s}{t}$
·10	·0354	·0427	·0216	·216*	·0211	[·211]
·12	·0427	·0516	·0260	·217	·0256	·213*
·14	·0494	·0604	·0301	·215	·0303	·216
·16	·0562	·0688	·0343	·214	·0345	·216
·18	·0631	·0775	·0385	·214	·0390	·216
·20	·0703	·0859	·0429	·214	·0430	·215
·21	·0742	·0906	·0452	·215*	·0454	·216*
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·215		·215
Среднее поглощеніе на единицу массы						·34

Толщина въ сантиметрахъ t	Поглощеніе водой въ терм. Al. a_w	5 Mol.; d = 1·3095				
		A растворъ	a_w вода 36·87%	$\frac{a_w}{t}$	a_s сахаръ 63·13%	$\frac{a_s}{t}$
·10	·0354	·0451	·0171	·171	·0280	·280*
·12	·0427	·0546	·0206	·172	·0340	·283
·14	·0494	·0643	·0238	·170	·0405	·289
·16	·0562	·0732	·0271	·169	·0461	·288
·18	·0631	·0822	·0305	·169	·0517	·287
·20	·0703	·0918	·0339	·169	·0579	·289
·21	·0742	·0970	·0358	·170*	·0612	·291*
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·170		·286
Среднее поглощеніе на единицу массы						·35

сциссъ линіями. Это значитъ, что относительная масса чистой воды въ растворѣ сахара убываетъ скорѣе, чѣмъ возрастаетъ концентрація. Среднее поглощеніе на единицу массы тростниковаго сахара, находящагося въ растворѣ, представляетъ собою величину постоянную, а это значитъ, что поглощеніе бэта лучей радія прямо пропорціонально концентраціи сахарныхъ растворовъ.



Фиг. 20.

§ 68. Таблица XXXIV содержитъ поглощеніе бэта частицъ радія для водныхъ растворовъ глицерина различныхъ концентрацій. Въ этой таблицѣ есть графа, гдѣ сведены поглощенія бэта лучей чистымъ гли-

Таблица XXXIV.

$C_3H_5(OH)_3$

глицеринъ.

Толщина въ см. t.	Поглощеніе чистой воды a_w	3·62 Mol.; d = 1·0595.				
		A растворъ.	a_w вода 75%	$\frac{a_w}{t}$	a_s глицер. 25%	$\frac{a_s}{t}$
·10	·0354	·0357	·0281	·281*	·0076	[·076]
·12	·0427	·0437	·0339	·282	·0098	·082*
·14	·0494	·0513	·0393	·281	·0120	[·071]
·16	·0562	·0584	·0447	·279	·0137	·086
·18	·0631	·0656	·0501	·278	·0155	·086
·20	·0703	·0737	·0559	·279	·0178	·089
·21	·0742	·0780	·0590	·281*	·0190	·090*
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·280		·087
Среднее поглощеніе на единицу массы						·33

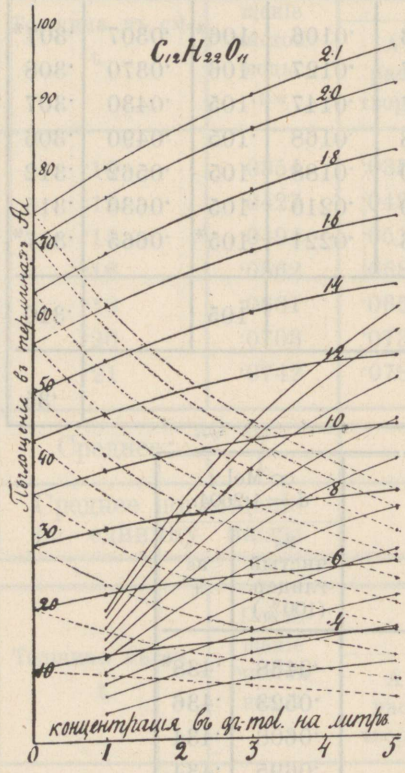
Толщина въ см. t	Поглощеніе чистой водой a	10·8 Mol.; d = 1·1249.				
		A растворъ.	a_w вода 50%	$\frac{a_w}{t}$	a_s глицер. 50%	$\frac{a_s}{t}$
·10	·0354	·0378	·0199	·199*	·0179	·179*
·12	·0427	·0456	·0235	·196	·0221	·184
·14	·0494	·0534	·0278	·199	·0256	·183
·16	·0562	·0606	·0316	·198	·0290	·181
·18	·0631	·0687	·0355	·197	·0332	·184
·20	·0703	·0774	·0395	·198	·0379	·189
·21	·0742	·0819	·0417	·199*	·0402	·191*
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·198		·185
Среднее поглощеніе на единицу массы						·33

Толщина въ см. t	Поглощеніе чистой водой a_w	32·6 Mol.; d = 1·1927.				
		А раствор.	a_w вода 25%	$\frac{a_w}{t}$	a_s глицер. 75%	$\frac{a_s}{t}$
·10	·0354	·0413	·0106	·106*	·0307	·307*
·12	·0427	·0497	·0127	·106	·0370	·308
·14	·0494	·0577	·0147	·105	·0430	·307
·16	·0562	·0658	·0168	·105	·0490	·306
·18	·0631	·0750	·0188	·105	·0562	·312
·20	·0703	·0840	·0210	·105	·0630	·315
·21	·0742	·0886	·0221	·105*	·0665	·317*
Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$				·105		·310
Среднее поглощеніе на единицу массы						·35

Толщина въ см. t	∞ Mol.; d = 1·2604.	
	a_s чистый глицер. (100%)	$\frac{a_s}{t}$
·10	·0438	·438*
·12	·0523	·436
·14	·0608	·434
·16	·0695	·434
·18	·0790	·439
·20	·0881	·440
·21	·0929	·442
Среднее: $\frac{a_s}{t}$		·438
Среднее поглощеніе на единицу массы		·35

церином̀ъ. Среднее поглощеніе на единицу массы представляетъ собой величину постоянную, какъ для водныхъ растворовъ, такъ и для самого чистаго глицерина. Фиг. 22

графически представляетъ собою данныя таблицы XXXIV. Въ этомъ случаѣ, на оси абсциссъ отложены концентраціи въ видѣ процентнаго содержанія глицерина въ общей смѣси раствора. Начальныя точки діаграммы соотвѣтствуютъ поглощенію электроновъ чистой водой и конечныя — чистымъ глицериномъ. Первая серія кривыхъ — это рядъ прямыхъ, почти параллельныхъ другъ другу линій. Кривыя поглощенія чистой водой (пунктирныя кривыя) слегка вогнуты къ оси абсциссъ и кривыя поглощенія чистаго глицерина немного выпуклы.



Фиг. 21.

Постоянство величины средняго поглощенія, приходящагося на единицу массы растворенаго глицерина доказываетъ, что поглощеніе бэта лучей радія въ растворахъ глицерина прямо пропорціонально его концентраціи:

$$a = kc.$$

§ 69. При изслѣдованіи водныхъ растворовъ NaCl слабо проникающія бэта частицы радія были задержаны аллюминіевымъ фильтромъ. Опыты поглощенія были поставлены въ стеклянномъ клинѣ. Въ таблицѣ XXXV сведены результаты, относящіеся только къ наиболѣе толстымъ слоямъ растворовъ въ ·14, ·16 и ·18 см. толщины. Изъ таблицы видно, что и для бэта лучей, обладающихъ иными скоростями, поглощеніе ихъ въ водныхъ растворахъ NaCl прямо пропорціонально концентраціи раствора, такъ какъ величина средняго поглощенія на единицу массы остается постоянной для разныхъ концентрацій.

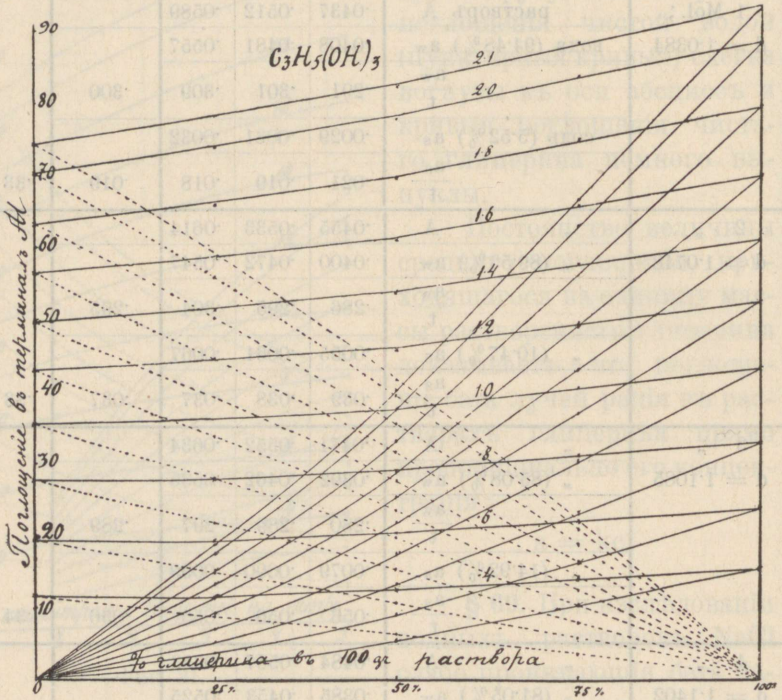
§ 70. Данныя опредѣленій касательно H_2SO_4 не отли-

Таблица XXXV.

NaCl

Концентрація; плотность.	Обозначеніе поглощенія: растворы A, вода a_w, соль a_s.	Поглощеніе въ терминахъ Al для разныхъ слоевъ:			Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$	Среднее поглощеніе на единицу массы.
		·14 см.	·16 „	·18 „		
1 Mol.;	растворъ A	·0437	·0512	·0589		
d = 1·0384	вода (94·48%) a_w	·0408	·0481	·0557		
	$\frac{a_w}{t}$	·291	·301	·309	·300	
	соль (5·52%) a_s	·0029	·0031	·0032		
	$\frac{a_s}{t}$	·021	·019	·018	·019	·33
2 „	„ A	·0455	·0533	·0614		
d = 1·0748	„ (89·53%) a_w	·0400	·0472	·0547		
	$\frac{a_w}{t}$	·286	·295	·304	·295	
	„ (10·47%) a_s	·0055	·0061	·0067		
	$\frac{a_s}{t}$	·039	·038	·037	·037	·33
3 „	„ A	·0471	·0552	·0634		
d = 1·1085	„ (85·08%) a_w	·0392	·0462	·0535		
	$\frac{a_w}{t}$	·280	·289	·297	·289	
	„ (14·92%) a_s	·0079	·0090	·0099		
	$\frac{a_s}{t}$	·056	·056	·055	·056	·34
4 „	„ A	·0484	·0567	·0653		
d = 1·1402	„ (81·05%) a_w	·0385	·0453	·0525		
	$\frac{a_w}{t}$	·275	·283	·292	·283	
	„ (18·95%) a_s	·0099	·0114	·0128		
	$\frac{a_s}{t}$	·071	·070	·070	·070	·33
5 „	„ A	·0515	·0596	·0680		
d = 1·1704	„ (77·38%) a_w	·0377	·0444	·0514		
	$\frac{a_w}{t}$	·269	·278	·286	·278	
	„ (22·62%) a_s	·0138	·0152	·0166		
	$\frac{a_s}{t}$	·099	·095	·092	·095	·35

чаются той степенью точности, какъ данныя другихъ водныхъ растворовъ; въ таблицѣ XXXVI сведены измѣренія поглощенія бэта лучей въ наиболѣе толстыхъ слояхъ растворовъ: ·18 и ·20 см. Графическое изображеніе ихъ представлено на соотвѣтствующей діаграммѣ, Фиг. 23. Растворы сѣрной кислоты прослѣжены до самыхъ послѣднихъ концентрацій и потому на этой діаграммѣ удалось составить два пучка расходящихся линій, одинъ изъ нихъ относится



Фиг. 22.

къ поглощенію чистой водой, находящейся въ растворѣ (пунктирныя линіи), и другой пучокъ къ поглощенію чистой сѣрной кислотой (тонко вычерченныя линіи).

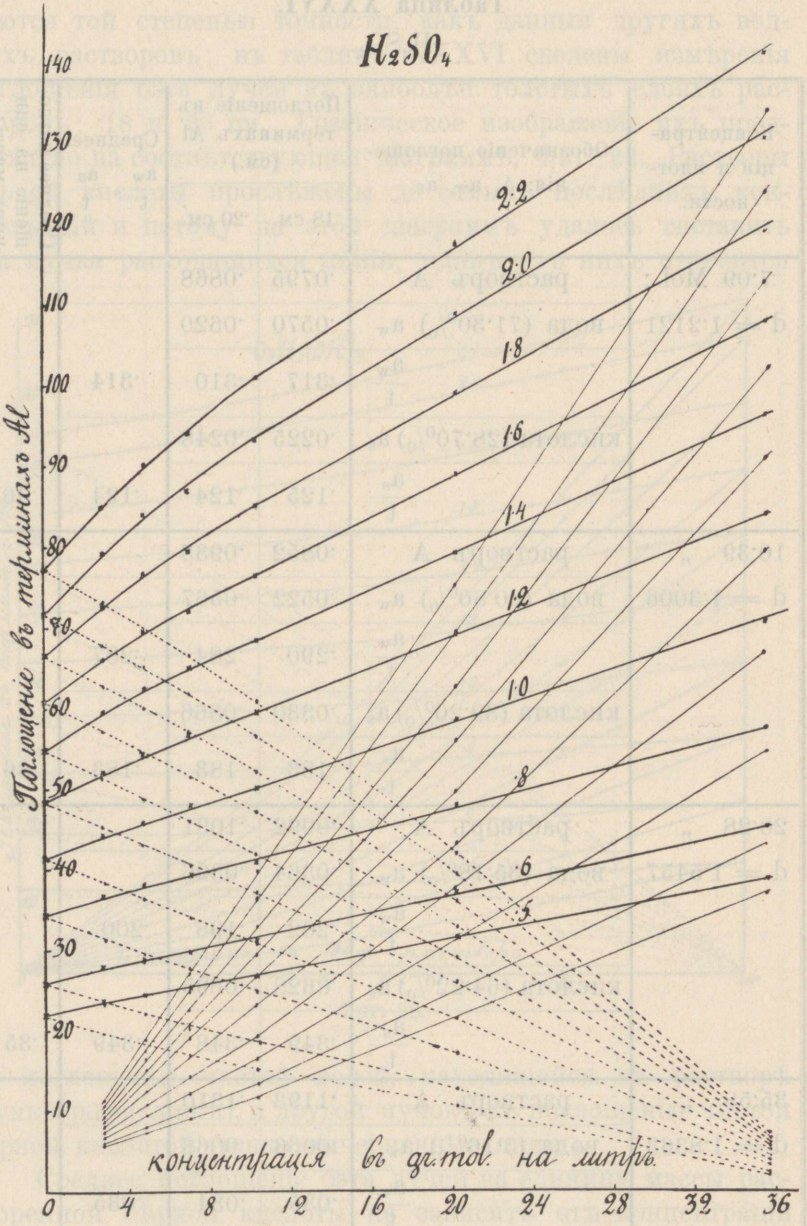
Среднее поглощеніе бэта лучей на единицу массы растворенной сѣрной кислоты не зависитъ отъ концентраціи раствора, — результатъ, къ которому мы приходимъ всякій разъ при изслѣдованіи растворовъ какъ электролитовъ, такъ и неэлектролитовъ.

§ 71. Выше было указано, какъ вычислить поглощеніе

Таблица XXXVI.

H_2SO_4.

Концентраціи и плотности.	Обозначеніе поглощенія: A, a_w, a_s.	Поглощеніе въ терминахъ Al (см.)		Среднее: $\frac{a_w}{t}$, $\frac{a_s}{t}$	Среднее поглощеніе на единицу массы.
		·18 см.	·20 см.		
7·09 Mol.;	растворъ A	·0795	·0868		
d = 1·2121	вода (71·30%) a_w	·0570	·0620		
	$\frac{a_w}{t}$	·317	·310	·314	
	кислота (28·70%) a_s	·0225	·0248		
	$\frac{a_s}{t}$	·125	·124	·124	·36
10·39 „	растворъ A	·0852	·0933		
d = 1·3006	вода (60·80%) a_w	·0522	·0567		
	$\frac{a_w}{t}$	·290	·284	·287	
	кислота (39·20%) a_s	·0330	·0366		
	$\frac{a_s}{t}$	·183	·183	·183	·36
20·28 „	растворъ A	·0992	·1091		
d = 1·5457	вода (35·78%) a_w	·0364	·0396		
	$\frac{a_w}{t}$	·202	·198	·200	
	кислота (64·22%) a_s	·0628	·0695		
	$\frac{a_s}{t}$	·349	·348	·349	·35
35·58 „	растворъ A	·1193	·1310		
d = 1·8363	вода (5·16%) a_w	·0063	·0068		
	$\frac{a_w}{t}$	·035	·034	·035	
	кислота (94·84%) a_s	·1130	·1242		
	$\frac{a_s}{t}$	·628	·621	·625	·36



Фиг. 23.

бэта лучей радія, приходящееся на долю растворителя и на долю растворимаго тѣла. Рядъ приведенныхъ таблицъ и

соотвѣтствующихъ имъ діаграммъ приводятъ къ убѣжденію, что это поглощеніе въ растворахъ разныхъ концентрацій по существу своему одинаково: при переходѣ отъ разбавленныхъ растворовъ къ высшимъ концентраціямъ поглощеніе электроновъ увеличивается пропорціонально содержанію растворимаго тѣла. Это положеніе является опытно-доказаннымъ, послѣ того какъ введено было понятіе о величинахъ средняго поглощенія на единицу массы растворимаго тѣла.

Вернемся еще разъ къ предыдущимъ уравненіямъ (стр. 112—113).

Количество воды, находящейся въ растворѣ нѣкотораго жидкаго слоя, имѣющаго одинъ квадратный сантиметръ поперечнаго сѣченія и толщину t, равно:

$$\frac{M_w}{100} \times dt \qquad (I)$$

и количество растворимаго вещества въ тѣхъ же условіяхъ:

$$\frac{M_s}{100} \times dt \qquad (II)$$

гдѣ M_w и M_s — процентное содержаніе воды и растворимаго тѣла въ растворѣ.

Если a_w обозначаетъ поглощеніе электроновъ (въ сантиметрахъ аллюминія) слоемъ чистой воды, имѣющимъ высоту t сант. и поперечное сѣченіе одинъ квадратный сантиметръ, тогда поглощеніе слоемъ чистой воды толщиной въ одинъ сантиметръ при той же величинѣ поперечнаго сѣченія будетъ равно: $\frac{a_w}{t}$. Величина поглощенія электроновъ, приходящагося на долю чистой воды въ растворѣ, будетъ пропорціональна ея массѣ, т. е.

$$a_w \times \frac{M_w}{100} \times d \qquad (III)$$

Если A означаетъ найденное изъ опыта поглощеніе жидкимъ слоемъ раствора толщиной въ t сант., тогда поглощеніе чистой солью a_s въ томъ же слоѣ будетъ представлять собою разность поглощеній, т. е.

$$a_s = A - a_w \times \frac{M_w}{100} \times d \qquad (IV)$$

Масса растворимаго вещества въ жидкомъ слоѣ t дана уравненіемъ (II); отсюда величина поглощенія, приходящагося на единицу массы будетъ:

$$\frac{A \times 100 - a_w \times M_w \times d}{M_s \times dt} \qquad (V)$$

Если, дѣйствительно, поглощеніе электроновъ не зависитъ отъ физическаго состоянія растворимаго тѣла, отъ степени его диссоціаціи, тогда и величина этого поглощенія, вычисленнаго на единицу массы тѣла, должна быть постоянной для всякихъ концентрацій и для всякихъ толщинъ жидкаго слоя, т. е.

$$\frac{A \times 100 - a_w \times M_w \times d}{M_s \times dt} = K \qquad (VI)$$

Указанное уравненіе выведено для тѣла, находящагося въ растворѣ; если же тѣло изслѣдуется какъ таковое, независимо отъ его комбинацій съ другими тѣлами, то ясно, что въ предыдущемъ уравненіи члены $M_w = 0$ и $M_s = 100$; отсюда и само уравненіе для простого тѣла получаетъ такой видъ:

$$\frac{A}{dt} = K \qquad (VII)$$

Въ этомъ уравненіи A представляетъ собою толщину аллюминіеваго слоя (въ сантиметрахъ), поглощающаго то же самое количество бэта частицъ, которое поглощается массой нѣкотораго тѣла, имѣющаго плотность d, высоту (толщину) t сантиметровъ и поперечное сѣченіе одинъ квадратный сантиметръ.

Если въ предыдущемъ отношеніи A помножимъ на плотность аллюминія 2·70, тогда мы имѣемъ массу аллюминія поперечнаго сѣченія въ одинъ квадратной сантиметръ и высотой (толщиной) A. Отсюда указанное выше уравненіе пріобрѣтаетъ такой видъ:

$$\frac{A \times 2{\cdot}70}{d \times t} = K' \qquad (VII\ bis)$$

Это уравненіе выражаетъ собою отношеніе равно-поглощающихъ массъ аллюминія и всякаго другого тѣла, — массъ,

имѣющихъ одно и тоже поперечное сѣченіе. Естественно, что величину K′ мы имѣемъ право назвать „сравнительнымъ поглощеніемъ“: K′ показываетъ, во сколько разъ столбикъ аллюминія по своей массѣ больше или меньше столбика всякаго другого вещества, имѣющаго тоже самое поперечное сѣченіе и поглощающаго то же самое количество бэта — частицъ, что и аллюминій; отсюда величину K′ мы будемъ называть величиной „сравнительнаго поглощенія массъ“. Естественно, что для самого аллюминія предыдущее отношеніе (VII bis) равно единицѣ.

Теперь дадимъ окончательные результаты величины K, выведенной изъ уравненія (VI) и (VII) и величины K′ изъ уравненія (VII bis).

Въ таблицѣ XXXVII указаны эти значенія постоянной K и K′ для различныхъ растворовъ. Въ первомъ столбцѣ указаны изслѣдованные растворы, во 2-омъ ихъ концентраціи въ граммоляхъ на литръ воды, въ 3-емъ плотности, въ 4-омъ даны значенія постоянной „K“, вычисленныя для солей по формулѣ (VI) и въ 5 столбцѣ, наконецъ, сведены величины сравнительнаго поглощенія массъ, вычисленныя по формулѣ (VII bis).

Всѣ растворы изслѣдованы въ стеклянномъ клинѣ, только растворъ $BaCl_2$ изслѣдованъ былъ въ стеклянной ячейкѣ. Что касается растворовъ NaCl, то они изслѣдовались въ стеклянномъ клинѣ надъ аллюминіевымъ фильтромъ и затѣмъ въ стеклянной ячейкѣ безъ всякаго фильтра. Въ графѣ 4-ой соотвѣтственно даны два ряда значеній K для перваго и второго случая изслѣдованныхъ растворовъ NaCl. Согласіе между этими значеніями постоянной K является еще разъ доказательствомъ того, что поглощеніе электроновъ радія не зависитъ отъ скорости ихъ движенія, если это поглощеніе изучать по методу сравненія.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ отдѣльныя величины K не подходятъ подъ общій рядъ сосѣднихъ значеній, — такія величины не приняты во вниманіе при выводѣ средняго значенія K (ср. №№ 10, 17, 31); во многихъ случаяхъ эти сомнительные случаи легко объяснить: напримѣръ, въ опытѣ 31 растворъ была пересыщеннымъ, что установлено было послѣдующимъ опредѣленіемъ, и потому величина 39 нѣсколько больше; въ опытѣ 17 болѣе слабый растворъ сахара

Таблица XXXVII.

	1	2 c, концентрація	3 d, плот- ность.	4 K	5 (K×2·70) K′	Способъ изслѣдова- нія.
	A:	—				
1	Al	—	2·70	·370	1·000	Непосред- ственно.
„	H_2O	—	0·9981	·354	·956	Клинъ; ячейка.
	B:					
„	$CaCl_2$	3·0 гр. мол.	1·1249	·39		
„		5·0 „ „	1·1955	·38		Клинъ.
5		7·0 „ „	1·2627	·39		
„		11·75 „ „	1·4267	·39		
				Средн. ·39	1·04	
„	$SrCl_2$	·44 гр. мол.	1·0296	·41		
„		·88 „ „	1·0592	·41		
„		1·68 „ „	1·1117	·41		„
10		2·47 „ „	1·1614	[·46]		
„		6·32 „ „	1·3698	·43		
				Средн. ·42	1·13	
„	$BaCl_2$	·43 гр. мол.	1·0390	·59		
„		·90 „ „	1·0775	·61		
„		1·41 „ „	1·1180	·61		Ячейка.
15		1·97 „ „	1·1750	·61		
„		3·29 „ „	1·2790	·58		
				Средн. ·60	1·62	
„	$C_{12}H_{22}O_{11}$	·5 гр. мол.	1·0585	[·31]		
„	(сахаръ)	1·0 „ „	1·1070	·33		Клинъ.
„		3·0 „ „	1·2351	·34		
20		5·0 „ „	1·3095	·35		
„	въ порошкѣ	—	1·61	·35		Ячейка.
				Средн. ·34	·92	
„	$C_3H_5(OH)_3$	25%	1·0595	·33		
„	(глицеринъ)	50%	1·1249	·33		Клинъ.
„		75%	1·1927	·35		
25	чист. глиц.	100%	1·2604	·35		
				Средн. ·34	·92	
„	NaCl	1·0 гр. мол.	1·0384	·33 —		
„		2·0 „ „	1·0748	·33 ·36		
„		3·0 „ „	1·1085	·34 —		Клинъ;
„		4·0 „ „	1·1402	·33 ·35		ячейка.
30		5·0 „ „	1·1704	·35 —		
„		6·14 „ „	1·2017	[·39] ·34		
„	въ порошкѣ	—	2·17	·35		Ячейка.
				Срд. ·34; ·35	·95	
„	H_2SO_4	7·09 гр. мол.	1·2121	·36		
„		10·39 „ „	1·3006	·36		Клинъ.
35		20·28 „ „	1·5457	·35		
36		35·58 „ „	1·8364	·36		
				Средн. ·36	·96	

сравнительно скоро подвергается броженію, и потому первое значеніе K нѣсколько ниже.

Въ общемъ средняя ошибка наблюденій при отдѣльныхъ опредѣленіяхъ K лежитъ около 3 % процентовъ, тогда какъ степень диссоціаціи для изслѣдованныхъ концентрацій нѣкоторыхъ солей и сѣрной кислоты измѣняется на нѣсколько десятковъ процентовъ.

§ 72. Въ заключеніе настоящей главы, разсматривающей зависимость между поглощеніемъ бэта частицъ радія и концентраціей растворовъ, само собою вытекаютъ слѣдующіе выводы:

1) Поглощеніе бэта частицъ радія въ растворахъ прямо пропорціонально концентраціи раствора, т. е.:

$$a = k\,c.$$

Это положеніе одинаково приложимо какъ къ растворамъ электролитовъ, такъ и къ растворамъ неэлектролитовъ.

2) Физическое состояніе тѣла не вліяетъ на величину поглощенія бэта частицъ. Съ точки зрѣнія существующихъ теорій физическое состояніе растворимаго тѣла существенно зависитъ отъ его концентраціи; такъ, по теоріи электролитической диссоціаціи, электролитъ въ растворѣ при достаточномъ разбавленіи расщепляется на іоны, а съ возрастаніемъ концентраціи количество этихъ іоновъ убываетъ.

Съ точки зрѣнія гидратной и сольватной теорій разбавленіе раствора связано съ измѣненіемъ количества растворителя, непосредственно соединеннаго с ъ м о л е к у л о й растворимаго тѣла. Такимъ образомъ, какихъ бы теорій не придерживаться на природу растворовъ, выводъ изъ всѣхъ этихъ теорій одинъ — физическое состояніе растворимаго тѣла въ растворѣ измѣняется въ связи съ концентраціей раствора. Несмотря на эти измѣненія физической природы тѣлъ, величина „сравнительнаго поглощенія“ для одного и того же вещества, находящагося въ различныхъ условіяхъ концентраціи, остается постоянной.

3) Въ ряду солей $CaCl_2$, $SrCl_2$, $BaCl_2$ сравнительное поглощеніе массъ въ терминахъ Al постепенно возрастаетъ: 1·04, 1·13, 1·62. Такъ какъ указанныя соединенія отличаются между собою природой своихъ основаній, причемъ атомные вѣса ихъ постепенно возрастаютъ отъ Ca къ Ba, то

можно предположить, что сравнительное поглощеніе зависитъ отъ природы атомовъ: съ возрастаніемъ массы поглощающаго атома поглощеніе бэта частицъ также увеличивается. Наоборотъ, тѣла, составленныя изъ однихъ и тѣхъ же (лёгкихъ) атомовъ, какъ, напримѣръ, сахаръ и глицеринъ, обладаютъ одинаковой величиной сравнительнаго поглощенія ·92 въ обоихъ случаяхъ (см. табл. XXXVII).

4) Скорость бэта лучей не вліяетъ на величину поглощенія ихъ, если только это поглощеніе выражать въ терминахъ Al. Растворы NaCl даютъ одинаковую величину поглощенія бэта лучей какъ въ томъ случаѣ, когда эти лучи выходятъ непосредственно изъ препарата радія, такъ и въ томъ случаѣ, когда они предварительно профильтровываются черезъ аллюминіевую пластинку въ 1·65 mm. толщины.

§ 73. Разсмотрѣнныя до сихъ поръ зависимости поглощенія бэта лучей отъ толщины слоя раствора, отъ его плотности и отъ концентраціи приводятъ къ слѣдующимъ положеніямъ: 1) въ томъ случаѣ, если концентрація и плотность раствора держится постоянной, тогда поглощеніе бэта лучей прямо пропорціонально толщинѣ поглощающаго слоя:

$$a = kt \text{ при } c = \text{const.}; \; d = \text{const.} \qquad (I)$$

2) Если у раствора мѣняется его плотность, а толщина слоя остается постоянной, тогда поглощеніе прямо пропорціонально измѣненію плотности раствора:

$$a = kd \text{ при } t = \text{const.} \qquad (II)$$

Въ нашихъ опытахъ плотность раствора измѣнялась такимъ образомъ, что измѣнялась его концентрація, такъ что въ предыдущее уравненіе (II) въ скрытомъ видѣ входитъ концентрація. При одной и той же концентраціи плотности раствора можно измѣнять, или такъ, чтобы мѣнять надъ нимъ давленіе или такъ, чтобы мѣнять температуру; нѣтъ сомнѣнія, что и въ этомъ случаѣ поглощеніе бэта лучей было бы пропорціонально плотности раствора, т. е.:

$$a = kd \text{ при } c = \text{const.}; \; t = \text{const.} \qquad (II \text{ bis})$$

Нужно замѣтить, что во всѣхъ опытахъ по изслѣдованію поглощенія отъ плотности поглощающей среды растворы

держались въ предѣлахъ измѣненій комнатной температуры. Конечно, колебанія температуры отъ 14° до 18° Цельзія вліяли на величину плотности и этимъ можно объяснить нѣкоторыя незначительныя отступленія въ опредѣленіи постоянной K для растворовъ разныхъ плотностей.

3) Какъ прямое слѣдствіе двухъ предыдущихъ уравненій (I) и (II) вытекаетъ общее уравненіе:

$$a = kdt \qquad \text{(III)}$$

которое говоритъ, что поглощеніе бэта лучей прямо пропорціонально массѣ вещества, такъ какъ произведеніе dt можно представить въ видѣ $dt \times 1$, гдѣ единица есть площадь основанія въ одинъ квадратный сантиметръ; тогда $t \times 1 = v$ кубич. сант. и $dv =$ массѣ нѣкотораго тѣла, взятаго въ объёмѣ v и имѣющаго плотность d; отсюда предыдущее уравненіе (III) можетъ быть представлено въ такомъ видѣ:

$$a = km \qquad \text{(III bis)}$$

т. е. поглощеніе прямо пропорціонально массѣ поглощающаго вещества.

Если тѣло представляется сложнымъ, состоящимъ изъ нѣсколькихъ составныхъ частей, массы которыхъ m_1, m_2 . . ., тогда

$$a = k\ (m_1 + m_2 + \ldots)$$

и въ частности для раствора

$$a = k\ (M_w + M_s),$$

гдѣ M_w и M_s суть массы тѣлъ растворителя и растворимаго вещества. Отсюда поглощеніе бэта лучей растворимымъ веществомъ прямо пропорціонально его массѣ:

$$a - kM_w = kM_s$$

Справедливость этого уравненія была уже доказана на рядѣ растворовъ. Если M_s представляетъ собою процентное содержаніе соли въ ста вѣсовыхъ частяхъ раствора и если эту величину мы условимся называть концентраціей раствора, т. е. $M_s = c$, тогда предыдущее отношеніе можно формулировать и такъ: поглощеніе бэта лучей прямо пропорціонально концентраціи раствора,

$$a = kc \qquad \text{(IV)}$$

Можно принять что $d = f(c)$, гдѣ d — плотность и c — концентрація раствора, но природа самой функціи неизвѣстна. Отсюда, въ двухъ предыдущихъ уравненіяхъ (II и IV):

$$a = kd$$

$$a = kc$$

вмѣсто того, чтобы выразить d черезъ c или наоборотъ, лучше всего было провѣрить постоянную k въ томъ видѣ, какъ она входитъ въ указанныя выше уравненія. Это и было сдѣлано въ соотвѣтственныхъ главахъ, разсматривающихъ вліяніе плотности на поглощеніе съ одной стороны и вліяніе концентраціи на то же поглощеніе — съ другой.

Въ большинствѣ случаевъ можно принять, что плотность растворовъ увеличивается почти пропорціонально концентраціи: отсюда постоянная k въ каждомъ изъ указанныхъ уравненій при провѣркѣ экспериментальнымъ путемъ допускаетъ незначительныя колебанія въ предѣлахъ ошибокъ опыта. (Конечно, обѣ постоянныя изъ уравненій: $a = kd$ и $a = kc$ не равны между собою по своему значенію; эти уравненія правильнѣе было бы представить съ коэффиціентами k_1 и k_2).

§ 74. Если мы обозначимъ энергію пучка лучей однороднаго свѣта до и послѣ прохожденія черезъ слой раствора буквами: J_0 и J; толщину слоя черезъ t и концентрацію черезъ c, тогда связь между указанными величинами выражается показательнымъ уравненіемъ

$$J = J_0 e^{-kct}$$

гдѣ k — нѣкоторая постоянная.

Это уравненіе выражаетъ собою такъ называемый „законъ Бэра“ въ примѣненіи къ поглощенію свѣта растворами. Гарри Джонсъ и Джонъ Андерсонъ[1]) произвели недавно весьма обширныя изслѣдованія по вопросу о поглощеніи свѣта въ различныхъ растворахъ. На основаніи своихъ опытовъ надъ двумя тысячами растворовъ авторы приходятъ къ тому заключенію, что законъ Бэра примѣнимъ только къ

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

весьма ограниченному количеству растворовъ; съ развитіемъ болѣе точныхъ методовъ спектрометріи даже это ограниченное число тѣлъ будетъ еще далѣе съужено. По мнѣнію авторовъ, законъ Бэра является скорѣе исключеніемъ, а не общимъ правиломъ, выражающимъ собою отношенія между энергіей поглощеннаго свѣта и концентраціей даннаго раствора.

Такъ какъ показательное уравненіе совсѣмъ не примѣнимо къ поглощенію бэта частицъ радія, взятаго въ состояніи радіоактивнаго равновѣсія, то законъ Бэра въ такомъ видѣ, какъ онъ дается предыдущимъ уравненіемъ, нельзя перенести на явленія поглощенія электроновъ радія растворами. Тамъ же, гдѣ поглощеніе бэта частицъ строго слѣдуетъ показательному уравненію, какъ, напримѣръ, въ случаѣ актинія или радія Е, тамъ законъ Бэра, по всей вѣроятности, оказался бы вполнѣ примѣнимымъ.

Эти вопросы могли бы составить новый предметъ для изслѣдованія и для провѣрки указываемыхъ зависимостей.

Представимъ законъ Бэра въ такомъ видѣ:

$$\lg J_0 - \lg J = kct,$$

тогда сразу бросается сходство этого закона съ выведеннымъ нами отношеніемъ между поглощеніемъ бэта лучей радія, концентраціей и толщиной раствора:

$$a = kct,$$

гдѣ разность логариѳмовъ ($\lg J_0 - \lg J$) замѣнена буквой a.

Если бы къ бэта лучамъ радія можно было приложить экспоненціальный законъ поглощенія, тогда само собою вытекало бы слѣдствіе, что поглощеніе бэта лучей радія въ растворахъ съ различной концентраціей и толщиной слѣдуетъ закону Бэра. Какъ было уже замѣчено ранѣе, законъ Бэра относительно поглощенія однороднаго свѣта въ растворахъ, по изслѣдованіямъ Гарри Джонса и Джона Андерсона, является скорѣе исключеніемъ, а не общимъ правиломъ. Отсюда ясно, что поглощеніе свѣтовыхъ лучей и бэта лучей въ растворахъ — два различныя между собою явленія.

Необходимо отмѣтить, что принятый нами методъ обозначенія поглощенія бэта лучей радія въ терминахъ аллю-

минія имѣетъ чисто практическую цѣль — установить существующія зависимости между поглощеніемъ съ одной стороны, толщиной, плотностью и концентраціей растворовъ — съ другой. Если когда нибудь впослѣдствіи будетъ найденъ истинный законъ поглощенія бэта лучей радія, независимо отъ природы основного тѣла, тогда найденныя нами величины сравнительнаго поглощенія могутъ быть переведены въ новую систему величинъ поглощенія при посредствѣ какого-нибудь множителя.

Глава X.

Поглощеніе бэта лучей радія не зависитъ отъ физическаго и химическаго состоянія тѣлъ.

§ 75. Въ заключеніи предыдущей главы среди слѣдствій было указано, между прочимъ, на то, что физическое состояніе тѣлъ не вліяетъ на величину поглощенія. Слѣдствіе логически вытекало изъ того факта, что величина „сравнительнаго поглощенія“ бэта частицъ даннымъ тѣломъ не зависитъ отъ условій концентраціи. Этотъ выводъ полученъ послѣ ряда вычисленій; несмотря на свою логическую правильность, онъ не имѣетъ за собою силы непосредственнаго доказательства.

Поэтому въ настоящей главѣ собраны тѣ опыты, которые непосредственно убѣждаютъ въ томъ, что самый актъ разбавленія не измѣняетъ величины поглощенія электроновъ.

Опыты, сюда относящіеся, были произведены въ стеклянныхъ ячейкахъ. Отъ стеклянной тонкой трубки діаметромъ около 2·0 сантиметровъ посредствомъ платиновой проволоки, накаливаемой электрическимъ токомъ, были отрѣзаны кольца.

Тщательно вышлифованное съ обоихъ сторонъ кольцо прикрѣплено къ покровной пластинкѣ посредствомъ растворимаго стекла или канадскаго бальзама въ зависимости отъ природы изслѣдуемаго раствора. Въ полученныхъ, такимъ

образомъ, ячейкахъ легкò можно опредѣлить ихъ высоту взвѣшиваніемъ ртути въ объемѣ ячейки, и непосредственнымъ измѣреніемъ діаметра.

Для опытовъ смѣшенія жидкостей берутъ двѣ ячейки; въ первую ячейку по возможности до краевъ наливаютъ необходимый растворъ; затѣмъ осторожно на края ячейки кладется тонкій листъ слюды, около 0·001 сант.; при этомъ надвиганіи слюды, незначительная часть ячейки намѣренно оставляется открытой для доливанія раствора по каплямъ изъ тонкой капиллярной пипетки. По мѣрѣ прибавленія капель, покровный листъ слюды смачивается и по всей своей поверхности соприкасается съ данной жидкостью; въ послѣдній моментъ этотъ слюдяной покровный листокъ продвигается еще дальше въ томъ направленіи, гдѣ еще оставалось незакрытое отверстіе, и послѣ этого жидкость въ ячейкѣ является прочно закрѣпленной между двумя параллельными пластинками, изъ коихъ одна стеклянная, а другая изъ слюды. Въ такомъ видѣ ячейку можно перевернуть, безъ всякаго риска вылить содержимую жидкость. Масса жидкости въ этой ячейкѣ опредѣляется взвѣшиваніемъ [вѣсъ пустой ячейки со слюдой заранѣе извѣстенъ].

Въ другую ячейку точно также до краевъ наливаютъ подходящій растворъ и затѣмъ осторожно надвигаютъ на ея края первую ячейку, перевернутую такъ, что слюдяной листокъ находится подъ — низомъ и стеклянное дно ячейки наверху. Постепеннымъ передвиганіемъ верхней ячейки надъ нижней, ячейки устанавливаются, наконецъ, такъ, что края ихъ, раздѣленные тонкимъ слоемъ слюды, точно приходятся одинъ надъ другимъ.

Составленная такимъ образомъ двойная ячейка (см. Фиг. 3, b стр. 20) еще разъ взвѣшивается и тѣмъ самымъ опредѣляется масса жидкости въ нижней ячейкѣ. Въ такомъ видѣ обѣ ячейки ставятся подъ бэта электроскопъ и энергія бэта частицъ, проходящихъ черезъ всю толщу обѣихъ жидкостей, измѣряется по методу іонизаціи. Изъ 10—12 согласныхъ между собою наблюденій выводится средняя активность бэта частицъ, проходящихъ черезъ обѣ жидкости. Послѣ этого тонкій слой слюды, лежащій между ячейками осторожно вытягивается пинцетомъ, причёмъ нужно всегда наблюдать затѣмъ, чтобы соотносительное положеніе ячеекъ не измѣня-

лось сколько-нибудь замѣтно. При нѣкоторомъ навыкѣ удается легко и быстро вытянуть слюду изъ ячеекъ и не допустить туда ни одного пузырька воздуха. Жидкости, теперь ничѣмъ не раздѣленныя, перемѣшиваются между собою въ сложенныхъ какъ и прежде ячейкахъ; конецъ смѣшенія легко установить по исчезновенію токовъ, связанныхъ съ измѣненіемъ плотности. При смѣшеніи жидкостей приходится очень осторожно держать обѣ ячейки между двумя пальцами, совсѣмъ не нажимая на покровныя стёкла; при малѣйшемъ надавливаніи капли смѣси выступаютъ наружу, и масса поглощающаго раствора уменьшается. Послѣ смѣшенія жидкостей обѣ ячейки съ содержащеюся въ нихъ смѣсью снова изслѣдуются на поглощеніе бэта частицъ; слюдяная пластинка, раньше находившаяся между ячейками, кладется теперь на верхнюю ячейку, такъ что экспериментальныя условія прохожденія бэта частицъ остаются вполнѣ тождественными въ обоихъ случаяхъ, кромѣ только того, что въ первомъ случаѣ пучекъ бэта частицъ послѣдовательно проходилъ черезъ каждую жидкость порознь, а во второмъ случаѣ черезъ ихъ смѣсь. Способъ смѣшенія жидкостей примѣнимъ также и къ тѣмъ жидкостямъ, которыя дѣйствуютъ между собою химически; отсюда является возможность рѣшить непосредственно вопросъ, зависитъ ли активность бэта лучей отъ химическаго состоянія тѣлъ. Ниже изъ данныхъ таблицы XXXVIII видно, что ни физическія ни химическія состоянія тѣлъ не вліяютъ на активность бэта частицъ. Въ этой таблицѣ подъ столбцомъ A указаны растворы до смѣшенія и въ столбцѣ B послѣ смѣшенія.

Растворы въ ячейкахъ до смѣшенія представлены въ видѣ дроби (см. A); мѣсто числителя занимаетъ жидкость, находящаяся въ верхней ячейкѣ, и мѣсто знаменателя соотвѣтствуетъ жидкости въ нижней ячейкѣ; противъ каждаго раствора указано его процентное содержаніе (вѣсовые $^0/_0$ растворимаго тѣла по отношенію ко всему раствору); и, кромѣ того, указана масса взятаго раствора (жидкости). Внизу подъ дробью въ томъ же столбцѣ A указаны активности пучка бэта лучей радія J, прошедшихъ черезъ толщу обоихъ несмѣшанныхъ между собою жидкостей.

Соотвѣтственныя активности, полученныя послѣ про-

Таблица XXXVIII.

№№	A. До смѣшенія.	B. Послѣ смѣшенія.	C. Процентъ ошибки.
1	$\frac{H_2SO_4\ (20{\cdot}44^0/_0)\ 1{\cdot}030\ \text{гр.}}{H_2O\ -\ 1{\cdot}050\ \text{гр.}} =$	$10{\cdot}12^0/_0$	
	$J = 20{\cdot}14^0/_0 \pm {\cdot}02$;	$J = 20{\cdot}09^0/_0 \pm {\cdot}06$	$-\ {\cdot}25^0/_0$
2	$\frac{H_2SO_4\ (39{\cdot}20^0/_0)\ 1{\cdot}160\ \text{гр.}}{H_2O\ -\ 1{\cdot}050\ \text{гр.}} =$	$20{\cdot}58^0/_0$	
	$J = 19{\cdot}09^0/_0 \pm {\cdot}04$;	$J = 19{\cdot}13^0/_0 \pm {\cdot}04$	$+\ {\cdot}20^0/_0$
3	$\frac{\text{Сахаръ}\ (63{\cdot}13^0/_0)\ 1{\cdot}150\ \text{гр.}}{H_2O\ -\ 1{\cdot}040\ \text{гр.}} =$	$33{\cdot}17^0/_0$	
	$J = 19{\cdot}25^0/_0 \pm {\cdot}04$;	$J = 19{\cdot}11^0/_0 \pm {\cdot}03$	$-\ {\cdot}73^0/_0$
4	$\frac{CaCl_2\ \text{растворъ}\ 1{\cdot}00\ \text{гр.}}{H_2SO_4\ (12{\cdot}36^0/_0)\ 1{\cdot}14\ „} =$	$CaSO_4 + HCl + aq.$ (осад.)	
	$J = 19{\cdot}42^0/_0 \pm {\cdot}05$;	$J = 19{\cdot}48^0/_0 \pm {\cdot}05$	$+\ {\cdot}30^0/_0$
5	Экв. $\frac{Ag_2SO_4\ \text{растворъ}\ {\cdot}98\ \text{гр.}}{BaCl_2\ „\ {\cdot}98\ „} =$	$BaSO_4 + 2\,AgCl + aq.$ (осад.) (осад.)	
	$J = 21{\cdot}43^0/_0 \pm {\cdot}04$;	$J = 21{\cdot}47^0/_0 \pm {\cdot}02$	$+\ {\cdot}20^0/_0$
6	$\frac{HgJ_2\ (\text{осадокъ}, + H_2O}{KJ\ (\text{растворъ})} =$	прозрачный растворъ	
	$J = 18{\cdot}39^0/_0$	$J = 18{\cdot}55^0/_0$	$+\ {\cdot}87^0/_0$

хожденія черезъ аллюминій, въ протоколахъ наблюденія также даны, но въ таблицѣ XXXVIII опущены.

Въ графѣ B первое число противъ каждаго опыта указываетъ эффектъ смѣшенія, и второе эффектъ активности J. Тамъ, гдѣ опыты относятся только къ растворенію, смѣшеніе даетъ измѣненіе концентраціи и эта послѣдняя изображена въ видѣ вѣсовыхъ процентовъ ко всей массѣ раствора (№№: 1, 2, 3); тамъ, гдѣ смѣшеніе жидкостей вызываетъ собой химическую реакцію, написаны продукты этихъ реакцій, т. е. правая половина химическаго уравненія (№№: 3, 4, 5).

Опыты смѣшенія относятся къ разбавленію растворовъ какъ электролитовъ (1, 2), такъ и неэлектролитовъ (3).

Въ опытахъ 1 и 2 съ разбавленіемъ сѣрной кислоты водой концентрація уменьшается въ два раза; соотвѣтственно тому степень диссоціаціи увеличивается на нѣсколько десятковъ процентовъ, а между тѣмъ эффектъ активности пучка бэта лучей какъ до смѣшенія, такъ и послѣ смѣшенія остается безъ измѣненія въ каждомъ опытѣ (съ точностью до сотыхъ долей процента).

Въ опытѣ 3 водный растворъ тростниковаго сахара при разбавленіи водой какъ будто понижаетъ эффектъ активности (на — 0·73 %); но это уменьшеніе легко объяснить тѣмъ, что липкій слой сахарнаго раствора пристаетъ къ слюдяной пластинкѣ и, послѣ того какъ слюдяная пластинка положена наверхъ ячеекъ, слѣды воды изъ прилипшаго сахарнаго слоя постепенно испаряются и масса поглощающей смѣси уменьшается. Во всѣхъ другихъ случаяхъ при осторожномъ вытягиваніи слюды изъ ячеекъ нельзя было замѣтить слѣдовъ жидкости на ея поверхности: края ячеекъ были отшлифованы такъ ровно и гладко, что при протягиваніи слюды между ними, они задерживали внутри ячеекъ слои жидкости, лежащіе на обоихъ сторонахъ слюдяной перегородки.

Опыты 4, 5 интересны тѣмъ, что они даютъ отвѣтъ на вопросъ, вліяетъ-ли на величину активности химическое взаимодѣйствіе тѣлъ между собою. Для опыта 4 растворы $CaCl_2$ и H_2SO_4 были подобраны такъ, чтобы образовавшійся гипсъ ($CaSO_4$) не растворился въ HCl. Послѣ смѣшенія этихъ растворовъ, дѣйствительно, висѣлъ бѣлый осадокъ

$CaSO_4$ и, не смотря на это, величина активности не выходитъ за предѣлы ошибокъ наблюденія.

Въ опытѣ 5 взяты эквивалентные растворы Ag_2SO_4 и $BaCl_2$. Вначалѣ былъ приготовленъ насыщенный при обыкновенной температурѣ растворъ Ag_2SO_4 въ водѣ. Химическимъ анализомъ потомъ обнаружено, что на 100 гр. воды приходится 0·77 гр. соли Ag_2SO_4. Соотвѣтственно этому былъ заготовленъ эквивалентный растворъ соли $BaCl_2$, т. е. 0·55 грам. соли на 100 гр. воды. Хотя плотности приготовленныхъ растворовъ немного разнятся между собою, тѣмъ не менѣе взятыя массы (·98 гр.) почти соотвѣтствуютъ другъ другу; это было доказано повѣрочными реакціями; смѣшавъ оба раствора и опредѣливъ активность бэта частицъ, проходившихъ черезъ смѣсь, осадки $BaSO_4$ и AgCl были отфильтрованы отъ жидкости и въ одной порціи ея произведена повѣрочная реакція на полноту осажденія Ba, а въ другой на полноту осажденія Ag; оказалось, что въ первомъ случаѣ жидкость остаётся совершенно прозрачной, а во второмъ случаѣ появилась едва замѣтная опалесценція и то спустя долгое время (слѣды AgCl). Такимъ образомъ реакція опыта 5 вполнѣ выражается уравненіемъ:

$$Ag_2SO_4 + BaCl_2 + aq. = \underset{\text{осад.}}{2\,AgCl} + \underset{\text{осад.}}{BaSO_4} + aq.$$

Пучёкъ бэта частицъ, прошедшихъ черезъ раздѣленные между собою растворы солей Ag_2SO_4 и $BaCl_2$ не измѣнился въ своей активности, когда изъ этихъ растворовъ, послѣ смѣшенія, образовались непрозрачные осадки солей AgCl и $BaSO_4$.

Опытъ 6 имѣлъ цѣлью показать, что раствореніе осадка съ образованіемъ комплексныхъ двойныхъ солей не вліяетъ на активность бэта частицъ.

Тяжелый красный осадокъ двуіодистой ртути внесенъ въ одну ячейку и растворъ іодистаго калія въ другую; послѣ смѣшенія образуется двойная растворимая соль іодистаго калія и двуіодистой ртути ($HgJ_2.2KJ$) и растворъ становится прозрачнымъ, безцвѣтнымъ. Къ сожалѣнію, въ этомъ опытѣ очень трудно преодолѣть одно препятствіе — равномѣрное распредѣленіе подъ водой краснаго осадка двуіодистой ртути, сплошь покрывающаго всё дно ячейки. Изъ

пяти опытовъ приведенный въ таблицѣ считается наиболѣе удачнымъ.

Во всѣхъ описанныхъ опытахъ смѣшенія жидкостей въ стеклянныхъ ячейкахъ гамма активность равнялась 11·93 % и бэта активность 88.07 %. Были сдѣланы неоднократныя попытки смѣшивать въ ячейкахъ органическія жидкости: эфиръ, четыреххлористый углеродъ, жидкіе углеводороды, и т. д. но смѣшеніе этихъ лёгкихъ подвижныхъ жидкостей всегда сопровождалось появленіемъ пузырьковъ воздуха въ срединѣ ячеекъ, что, конечно, затрудняло изслѣдованіе. Данныхъ изъ этихъ опытовъ мы не приводимъ, хотя для насъ они служили еще разъ новымъ доказательствомъ того, что поглощеніе электроновъ смѣсью носитъ вполнѣ аддитивный характеръ.

§ 76. Необходимо указать, что опыты смѣшенія жидкостей должны производиться непремѣнно такъ, чтобы жидкости содержались между плоскопараллельными пластинками, сплошь заполняя всю ячейку; если жидкость не соприкасается съ верхнимъ покровнымъ стекломъ, тогда она образуетъ менискъ и при смѣшеніи радіусъ кривизны этого мениска измѣняется.

Отсюда ясно, что для того, чтобы получать равныя высоты жидкостей до смѣшенія и послѣ, необходимо устранить вліяніе поверхностнаго натяженія. Слѣдующія два опыта покажутъ, какъ глубоко измѣняется энергія поверхностнаго натяженія вмѣстѣ съ разбавленіемъ и какъ это вліяетъ на поглощеніе электроновъ.

Въ нижней ячейкѣ находилось 0·64 гр. раствора сѣрной кислоты (39·20 %); этотъ растворъ занималъ половину высоты стеклянной ячейки; въ верхней ячейкѣ до половины ея высоты налита вода (1·00 гр.). До смѣшенія активность бэта лучей была равна 50·22 % и послѣ смѣшенія 44·35 %, — разница между обоими опредѣленіями равна почти 12 %.

Еще замѣтнѣе это вліяніе поверхностнаго натяженія на растворахъ сахара. Взяты 0·65 гр. концентрированнаго раствора сахара (63·13 %) и 1·00 гр. воды; оба раствора не заполняютъ сплошь ячеекъ. Активность бэта лучей, прошедшихъ черезъ эти растворы до и послѣ смѣшенія, соотвѣтственно равна 56·97 % и 44.88 %; разница 21 %. Отсюда видно, что при разбавленіяхъ растворовъ мениски становятся

площе, и поглощающая масса на пути бэта частицъ увеличивается.

Кромѣ того, сохраненіе жидкостей между двумя плоскопараллельными пластинками окончательно устраняетъ всякую возможность парообразованія.

Въ ячейкѣ, ненаполненной сплошь жидкостью, послѣдняя выдѣляетъ изъ себя паръ, количество котораго учесть очень трудно; вмѣстѣ съ тѣмъ и величина поглощенія бэта частицъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ разлагается на двѣ: одна относится къ самой жидкости, а другая къ ея пару; до тѣхъ поръ, пока остаются неизвѣстными относительныя массы жидкости и пара, нельзя точно распредѣлить между ними и соотвѣтствующія имъ поглощенія бэта частицъ.

С. Дж. Аллэнъ [1]) въ своей работѣ, опубликованной имъ въ то время, когда описанные опыты смѣшенія по поглощенію электроновъ были уже произведены, изслѣдовалъ вторичные лучи, получаемые отъ разныхъ тѣлъ жидкихъ и твердыхъ, если на нихъ падаютъ бэта лучи радія.

Методъ изслѣдованія Аллэна былъ далеко не безукоризненнымъ, — изслѣдуемые жидкости всё время находились въ открытой ячейкѣ. Такимъ образомъ, ошибки, связанныя съ кривизной мениска, равно какъ и съ частичнымъ поглощеніемъ бэта лучей парóмъ данной жидкости, не были устранены, — и только этими ошибками мы готовы объяснить нѣкоторыя исключенія, найденныя Аллэномъ въ явленіяхъ поглощенія бэта частицъ летучими органическими жидкостями. Перечислимъ нѣкоторыя изъ этихъ исключеній: Аллэнъ нашелъ, что въ его ячейкѣ поглощеніе бэта частицъ радія хлористымъ этиленомъ ($C_2H_4Cl_2$) было въ три раза больше, чѣмъ бромистымъ этиленомъ ($C_2H_4Br_2$); мы повторили эти опыты и пришли къ заключенію: бромистый этиленъ въ два раза больше поглощаетъ бэта частицъ, чѣмъ хлористый этиленъ, если сравнивать эти поглощенія при одной и той же высотѣ каждой жидкости (такова постановка опытовъ у Аллэна). Далѣе, Аллэнъ нашёлъ, что хлороформъ ($CHCl_3$) и четыреххлористый углеродъ (CCl_4) при одной и той же высотѣ жидкаго слоя поглощаютъ одинаковое коли-

1) S. J. Allen: Phys. Rev. 1909. Vol. 29, p. 177.

чество бэта частицъ радія. Въ нашихъ опытахъ было найдено, что четыреххлористый углеродъ поглощаетъ больше бэта частицъ, чѣмъ хлороформъ, что и должно быть на самомъ дѣлѣ, такъ какъ замѣной легкаго атома H тяжелымъ атомомъ Cl увеличивается поглощающая способность вещества.

§ 77. Общій обзоръ этой главы приводитъ къ слѣдующимъ заключеніямъ:

1) Физическое состояніе тѣла не вліяетъ на величину активности бэта частицъ радія; физическіе процессы разбавленія растворовъ электролитовъ и неэлектролитовъ, равно какъ и процессы растворенія, не измѣняютъ величины поглощенія бэта частицъ.

Въ настоящей главѣ приведены данныя, касающіяся измѣненія одной только активности бэта частицъ при прохожденіи ихъ черезъ матеріальныя тѣла и опущены соотвѣтственныя величины поглощеній въ терминахъ Al (сант.) Но изъ всего предыдущаго само собой понятно, что активность бэта частицъ находится въ непосредственной связи съ поглощеніемъ, если держаться избраннаго метода сравнительнаго поглощенія: два слоя являются равнопоглощающими, если пучекъ бэта лучей, пройдя черезъ нихъ, производитъ одинаковый эффектъ активности. Если опытомъ найдено, что при тѣхъ или иныхъ условіяхъ активность бэта лучей остается постоянной, то это равносильно тому, что при тѣхъ же самыхъ условіяхъ поглощеніе этихъ лучей также остается постояннымъ.

2) Химическое состояніе тѣлъ точно также не измѣняетъ активности бэта лучей. Реакціи двойного разложенія съ образованіемъ осадковъ представляютъ собою достаточное къ тому доказательство.

3) Два предыдущихъ пункта можно обобщить въ одинъ и выразить его въ такой формѣ: поглощеніе бэта лучей является аддитивнымъ свойствомъ матеріи. До сихъ поръ аддитивность поглощенія была доказана на растворахъ и на реакціяхъ двойного обмѣна; ниже, въ слѣдующей главѣ, будетъ доказано, что аддитивность распространяется и на самыя химическія соединенія.

Глава XI.

Поглощеніе бэта лучей радія, какъ аддитивное свойство матеріи.

§ 78. Доказать аддитивность поглощенія бэта лучей на простѣйшихъ химическихъ соединеніяхъ можно такимъ образомъ: подобрать подходящіе элементы и на каждомъ въ отдѣльности изучить поглощеніе этихъ лучей; затѣмъ взять соединеніе, образуемое этими элементами, и на немъ опредѣлить величину поглощенія. Если составъ соединенія хорошо извѣстенъ, тогда изъ величинъ поглощенія отдѣльными элементами можно вычислить величину поглощенія даннымъ соединеніемъ, такъ какъ по закону аддитивности общее поглощеніе даннымъ химическимъ соединеніемъ будетъ равной суммѣ поглощеній составляющихъ его элементовъ. Если опытъ подтвердитъ теоретически вычисленное поглощеніе, то это и будетъ доказательствомъ того, что поглощеніе электроновъ является вполнѣ аддитивнымъ свойствомъ.

Наиболѣе подходящими элементами были углеродъ, сѣра и бромъ и соединенія, ими образуемыя, CS_2 и CBr_4. Такъ какъ углеродъ обладаетъ къ тому же нѣсколькими модификаціями, то попутно можно было рѣшить вопросъ и о томъ, вліяетъ-ли аллотропія элемента на величину поглощенія бэта лучей. Опыты по поглощенію бэта лучей порошковатыми тѣлами: C (углемъ и графитомъ), S, CBr_4, равно какъ и жидкимъ сѣроуглеродомъ, произведены въ ячейкахъ; площадь ячейки, ея высота точно опредѣлены. Тонкіе равномѣрные слои, сплошь покрывающіе дно ячейки, получены просѣиваніемъ съ достаточной высоты хорошо измельченныхъ порошковъ указанныхъ тѣлъ.

Масса порошка опредѣляется взвѣшиваніемъ. Активность пучка бэта лучей, прошедшаго черезъ пустую ячейку, принята за сто. Въ этой активности на долю бэта лучей приходится почти 88% и на долю гамма лучей 12%. Какъ и раньше за основное вещество для величины сравнитель-

наго поглощенія принятъ аллюминій; но тогда какъ раньше для сравненія поглощеній пользовались толщиной аллюминія, выражаемой въ сантиметрахъ, теперь для сравненія поглощеній воспользуемся массой аллюминія, выражаемой въ граммахъ.

Если толщина аллюминія, необходимая для того, чтобы произвести данный эффектъ активности, извѣстна, тогда, умноживъ эту толщину на плотность аллюминія — 2.70, получается поглощающая масса аллюминія въ граммахъ; эта масса представляетъ собою нѣкоторый столбикъ аллюминія съ поперечнымъ сѣченіемъ въ одинъ квадратный сантиметръ и высотой t сант.

Какъ раньше мѣрою поглощенія бэта частицъ были сантиметры аллюминія, такъ теперь мѣрою того же будутъ массы аллюминія въ граммахъ, имѣющія одно и то же поперечное сѣченіе и мѣняющуюся высоту t.

§ 79. Всѣ приведенныя въ таблицѣ XXXIX вещества изслѣдованы были въ ячейкѣ № 1, площадь основанія которой равнялась 4.026 квадратнымъ сантиметрамъ и высотой ·239 сант. Въ этой ячейкѣ покровное стекло прикрѣплено къ кольцу посредствомъ канадскаго бальзама; для изслѣдованія брома была взята другая ячейка № 2, скрѣпленная растворимымъ стекломъ (бромъ дѣйствуетъ на канадскій бальзамъ); площадь основанія этой ячейки (№ 2) равнялась 4·191 квадратнымъ сантиметрамъ и высота ·230 сантиметра.

Если масса вещества, занимающаго всю площадь основанія данной ячейки, извѣстна, то отсюда легко вычислить массу того же вещества, приходящуюся на одинъ квадратный сантиметръ основанія.

Углеродъ былъ изслѣдованъ въ двухъ аллотропическихъ видоизмѣненіяхъ: въ видѣ угля и въ видѣ графита. Несмотря на ихъ различныя плотности, изъ которыхъ плотность графита превосходитъ въ 1.2 раза плотность чистаго ретортнаго угля и несмотря на ихъ различіе въ кристаллическомъ строеніи, способность поглощенія бэта частицъ остается одинаковой какъ для угля, такъ и для графита. Въ обоихъ случаяхъ среднее поглощеніе бэта частицъ однимъ граммомъ углерода равняется 0·86 граммамъ аллюминія. Отсюда выводъ — способность поглощенія электроновъ опредѣляется природою самого атома, а не молекулой.

Уже и ранѣе Дж. Краузеръ [1]) нашелъ на бэта лучахъ урана, что коэффиціентъ абсорбціи (λ) не зависитъ отъ аллотропіи элементовъ. Теперь этотъ выводъ подтверждается на электронахъ радія по методу сравнительнаго поглощенія.

Въ таблицѣ XXXIX сведены необходимыя опредѣленія для доказательства закона аддитивности. Подъ соотвѣтствующими рубриками: A, A′, B, C, D и E находятся величины поглощенія элементовъ: C въ видѣ угля и графита, S, Br и ихъ соединеній: CBr_4 и CS_2.

Въ столбцѣ 1-омъ даны массы веществъ M, имѣющія въ своемъ основаніи одинъ квадратный сантиметръ; въ столбцѣ 2-омъ даны массы аллюминія M_a, имѣющія также одинъ квадратный сантиметръ своего основанія и поглощающія то же самое количество бэта частицъ радія (поглощеніе въ граммахъ аллюминія); столбецъ 3-ій даетъ отношеніе равнопоглощающихъ массъ аллюминія и какого-либо другого вещества. Данныя этого столбца представляютъ собою ничто иное, какъ величину сравнительнаго поглощенія веществъ въ массахъ аллюминія (въ граммахъ). Числа этого столбца показываютъ, что на одинъ граммъ даннаго вещества приходится столько-то граммовъ аллюминія, имѣющихъ ту же самую единицу квадратнаго основанія и поглощающихъ то же самое количество бэта лучей радія.

§ 80. Теперь перейдемъ къ доказательству аддитивныхъ свойствъ поглощенія бэта частицъ химическими соединеніями.

1) Въ одномъ граммѣ CS_2 находится: C — 0·158 гр. и S — 0·842 гр.

Изъ таблицы видно, что

1 гр. C поглощаетъ столько же, сколько 0·86 гр. Al, [A′ A]
и 1 „ S „ „ „ „ 1·04 „ Al [B]

Въ одномъ граммѣ CS_2 поглощеніе будетъ пропорціонально массамъ находящихся въ немъ элементовъ, т. е.

0·158 гр.	C	поглощаютъ	столько-же,	сколько	$(0{\cdot}86 \times 0{\cdot}158) = 0{\cdot}136$ гр. Al
0·842 „	S	„	„	„	$(1{\cdot}04 \times 0{\cdot}842) = 0{\cdot}876$ „ „
1 гр.	$(C + S_2)$	„	„	„	$= 1{\cdot}012$ „ „

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

Таблица XXXIX.

A	C — чистый уголь; d = 1·885		
	1 M, Масса вещества въ граммахъ.	2 M_a, Масса Al въ граммахъ.	3 $\frac{M_a}{M}$
	0·122 гр.	0·106	·87
	·156 „	·134	·86
	·288 „	·243	·84
			Среднее: ·86
A′	C — графитъ; d = 2·17		
	·035 „	·030	·86
	·062 „	·055	·89
	·097 „	·085	·88
	·148 „	·123	·83
			Среднее: ·86
B	S — сѣрный цвѣтъ; d = 2·06 (ромбич.)		
	·101 „	·105	1·04
	·111 „	·118	1·06
	·137 „	·142	1·03
	·164 „	·172	1·05
			Среднее: 1·04
C	CBr_4; d = 3·42		
	·080 „	·093	1·16
	·129 „	·151	1·17
	·200 „	·224	1·12
	·345 „	·370	1·07
			Среднее: 1·13
D	CS_2; d = 1·263		
	·281 „	·282	1·004
E	Br; d = 3·12		
	·648 „	·743	1·15

Прямое опредѣленіе поглощенія жидкимъ сѣроуглеродомъ (см. D, XXXIX) указываетъ, что одинъ граммъ его поглощаетъ столько же, сколько 1.004 гр. Al; разница между вычисленнымъ значеніемъ и найденнымъ (1·012—1.004=0·008) менѣе 1%. Ошибки въ опытахъ подобнаго рода неизбѣжны, если принять во вниманіе летучесть сѣроуглерода.

2) Въ одномъ граммѣ CBr_4 находится: 0·036 грам. C и 0·964 гр. Br.

Одинъ граммъ жидкаго брома (см. E, XXXIX) поглощаетъ столько же, сколько 1·15 гр. Al. Отсюда въ одномъ граммѣ CBr_4 поглощеніе будетъ распредѣляться пропорціонально массамъ входящихъ въ него элементовъ, т. е.

·036 гр. C	поглощаетъ	столько же,	сколько	(0·86×·036) = 0·03 гр.	Al
·964 „ Br	„	„	„	(1·15×·964) = 1·11 „	„
1 гр. ($C+Br_4$)	„	„	„	= 1·14 „	„

Прямыми опытами установлено, что средняя величина поглощенія однимъ граммомъ CBr_4 (см. C, XXXIX) въ массахъ аллюминія равна 1·13; разница между вычисленнымъ и найденнымъ значеніемъ (1·14 — 1·13 = ·01) опять меньше 1%.

Эти примѣры очень хорошо иллюстрируютъ тотъ выводъ, что глубокія химическія измѣненія веществъ не вліяютъ на ихъ поглощающую способность; поглощеніе бэта лучей есть аддитивное свойство матеріи. Расположеніе атомовъ въ молекулѣ не измѣняетъ величины поглощенія; послѣднее опредѣляется природой самого атома, такъ какъ у атомовъ различныхъ веществъ величина поглощенія различна.

Глава XII.

Молекулярное и атомное поглощенія бэта лучей радія.

§ 81. До сихъ поръ поглощеніе бэта частицъ радія соединеніями или элементами относилось къ грамму вещества, имѣющему основаніе въ одинъ квадратный сантиметръ.

Это поглощеніе выражалось въ граммахъ аллюминія и называлось сравнительнымъ поглощеніемъ въ массахъ Al. Если возьмемъ столько граммовъ вещества, сколько выражено его химической формулой, и если найдемъ равноэквивалентное ему поглощеніе въ граммахъ аллюминія, тогда такое поглощеніе будетъ называться сравнительнымъ молекулярнымъ поглощеніемъ даннаго вещества.

Аналогично молекулярному поглощенію необходимо ввести еще понятіе объ атомномъ поглощеніи бэта частицъ, относящемся къ атомному вѣсу даннаго элемента. Необходимо опять напомнить, что поглощающія молекулярныя и атомныя массы должны имѣть то же самое поперечное сѣченіе (одинъ квадратный сантиметръ), какое имѣетъ и масса аллюминія, производящая въ одинаковыхъ экспериментальныхъ условіяхъ одинъ и тотъ же эффектъ поглощенія. Введеніе понятій молекулярнаго и атомнаго поглощенія сразу облегчаетъ задачу вычисленія аддитивныхъ свойствъ матеріи въ отношеніи поглощенія бэта частицъ.

§ 82. Атомное поглощеніе тѣхъ элементовъ, которые трудно получаются въ свободномъ состояніи или которые газообразны и слѣдовательно, неудобны для изученія поглощеній, легко вычислить изъ ихъ соединеній.

Для вычисленія атомнаго поглощенія водорода взяты соединенія: гексанъ C_6H_{14} и бензолъ C_6H_6.

I. Молекула гексана — C_6H_{14} равна 86·11 граммамъ; одинъ граммъ гексана поглощаетъ столько же, сколько ·91 гр. Al; слѣдовательно, молекулярное поглощеніе гексана равно (·91×86·11) = 78·36; атомное поглощеніе углерода равно (12×·86) = 10·27; въ гексанѣ поглощеніе шести атомовъ углерода равно (10·27×6) = 61·62. Отсюда на долю H_{14} приходится поглощеніе:

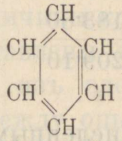
78·36
61·62
—
16·74 гр. Al

и на долю каждаго H атома (16·74 : 14) = 1·196.

II. Бензолъ — C_6H_6, какъ показываетъ опытъ, имѣетъ молекулярное поглощеніе 68·77; на долю водорода (6 атомовъ) приходится:

68·77
61·62
—
7·15 гр. Al

и поглощеніе каждаго атома водорода равно (7·15 : 6) = 1·192. Итакъ, въ обоихъ случаяхъ получается очень хорошее согласіе для атомнаго поглощенія водорода. Обратимъ вниманіе, что гексанъ имѣетъ открытую цѣпь $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$ и бензолъ замкнутую:



Въ первомъ случаѣ связи одиночныя и во второмъ одиночныя связи чередуются съ двойными, — несмотря на это, атомное поглощеніе водорода остается постояннымъ = 1·19.

§ 83. 1) Атомное поглощеніе хлоромъ вычислено изъ четыреххлористаго углерода.

Молекулярное поглощеніе CCl_4 равно 149·20; на долю всего хлора приходится (149·20 — 10·27) = 138·93 и атомное поглощеніе хлоромъ будетъ (138·93 : 4) = 34·76 гр. Al.

2) Атомное поглощеніе кислородомъ выведено изъ молекулярнаго поглощенія Al_2O_3; найдено, что атомъ кислорода (16 гр.) поглощаетъ бэта частицъ столько же, сколько 14·05 гр. Al.

§ 84. Послѣ такого опредѣленія поглощательной способности у основныхъ элементовъ: C, S, H, O, Cl, — можно приступить къ провѣркѣ молекулярныхъ поглощеній, вычисленныхъ теоретически и сравнить эти поглощенія съ опытными.

Возьмемъ прежде всего тѣ соединенія, на которыхъ Аллэнъ нашелъ аномальное поглощеніе. Соединенія эти ди-хлоръ-этиленъ $C_2H_4Cl_2$ и ди-бромъ-этиленъ $C_2H_4Br_2$.

Атомныя поглощенія бэта частицъ элементами, входящими въ эти соединенія, таковы:

H — 1·19
C — 10·27
Cl — 34·76
Br — 91·90

1) Дихлоръ-этиленъ $C_2H_4Cl_2$ поглощаетъ:

вычислено:		найдено:
C_2	— 20·54	
H_4	— 4·76	
Cl_2	— 69·52	
$(C_2 + H_4 + Cl_2)$	= 94·82	$C_2H_4Cl_2$ = 92·03
		разница + 2·8%

2) Дибромъ-этиленъ $C_2H_4Br_2$ поглощаетъ:

вычислено:		найдено:
C_2	— 20·54	
H_4	— 4·76	
Br_2	— 183·80	
$(C_2 + H_4 + Br_2)$	= 209·10	$C_2H_4Br_2 = 204$
		разница + 2·5%

Разница между вычисленнымъ и опытнымъ поглощеніемъ не превосходитъ 3%. Согласіе вполнѣ удовлетворительное, если принять во вниманіе летучесть обоихъ соединеній и сопряженныя съ этимъ трудности взвѣшиванія.

Во всякомъ случаѣ эти примѣры въ полномъ противорѣчіи съ результатами Алльэна. Чтобы это нагляднѣе показать, воспользуемся тѣмъ же методомъ сравненія поглощающихъ высотъ, какъ это сдѣлано у Алльэна; онъ нашелъ, что при равныхъ высотахъ жидкаго слоя

$C_2H_4Cl_2$ поглощаетъ въ терминахъ воды 400
и $C_2H_4Br_2$ „ „ „ „ 140

Изъ нашихъ опытовъ слѣдуетъ, что при равныхъ высотахъ въ 0·239 сант. слои указанныхъ жидкостей имѣютъ абсолютную величину поглощенія такого порядка:

$C_2H_4Cl_2$ (·239 сант.) поглощаетъ въ сантим. Al: 0·1050
$C_2H_4Br_2$ (·239 сант.) „ „ „ 0·2100

т. е. поглощеніе дибромъ-этиленомъ въ два раза больше, чѣмъ дихлоръ-этиленомъ [1]).

§ 85. Чтобы провѣрить примѣненіе закона аддитивности къ вычисленію молекулярныхъ поглощеній другими соединеніями, былъ произведенъ рядъ опытовъ надъ органическими и неорганическими соединеніями и результаты этихъ опытовъ сведены въ таблицѣ XL.

Въ первомъ столбцѣ даны названія веществъ и ихъ химическія формулы, затѣмъ — во 2-омъ столбцѣ приведены молекулярные (атомные) вѣса M; въ 3-емъ столбцѣ даны

1) Проф. Брэггъ (Bragg) при свиданіи сообщилъ мнѣ, что въ его лабораторіи (Leeds University) также провѣрены опыты Алльэна надъ хлоръ- и бромъ-этиленомъ и аномалій, указанныхъ Алльэномъ, подтвердить не удалось. Мы пользуемся случаемъ привести здѣсь частное сообщеніе проф. Брэгга, потому что въ литературѣ еще не попадалось намъ какихъ-либо сообщеній, относящихся къ этому вопросу.

поглощенія a въ массахъ аллюминія на каждой граммъ какого-нибудь вещества, имѣющаго основаніе въ одинъ квадратный сантиметръ; помноженіемъ граммового поглощенія на молекулярный (атомный) вѣсъ получается молекулярное (атомное) поглощеніе, величины котораго даны въ 4 столбцѣ. Въ 5-омъ столбцѣ сопоставлены поглощенія, вычисленныя по закону аддитивности изъ элементовъ, составляющихъ данное тѣло. Разница между опытными и теоретическими молекулярными поглощеніями выражена въ процентахъ и сведены въ столбцѣ 6.

Для удобства обзора всѣ вещества раздѣлены на рубрики: A, B, C, D и E. Въ рубрикѣ A находится шесть элементовъ, поглощенія которыхъ выведены непосредственно изъ опытовъ надъ этими элементами, какъ таковыми; въ рубрикѣ B находятся пять веществъ, послужившихъ основными для вычисленія поглощательной способности газообразныхъ элементовъ: H, N, O и Cl; заслуживаетъ вниманія совпаденіе величинъ поглощенія водородомъ у двухъ различныхъ веществъ, изъ которыхъ одно имѣетъ открытую, а другое замкнутую цѣпь; величины атомнаго поглощенія газообразныхъ элементовъ, находятся въ 5-омъ столбцѣ, въ рубрикѣ B. Въ рубрикѣ C находятся органическія вещества, послужившія для провѣрки закона аддитивности поглощенія. Разницы между опытно найденными и вычисленными величинами молекулярныхъ поглощеній согласуются довольно хорошо. Здѣсь обращаетъ на себя вниманіе ди-хлоръ-этиленъ (3) и ди-бромъ-этиленъ (5), у которыхъ Аллэнъ нашелъ аномаліи въ поглощеніи и предполагалъ ее объяснить вліяніемъ молекулярнаго строенія; по нашимъ опытамъ молекулярныя поглощенія этихъ веществъ вполнѣ согласуются съ вычисленными въ предѣлахъ ошибокъ наблюденія. Очень хорошее согласіе молекулярныхъ поглощеній (опытныхъ и теоретическихъ) наблюдается на рядѣ спиртовъ отъ метиловаго до глицерина включительно (10—14); опыты показали, что поглощенія изомеровъ: пропиловаго и изопропиловаго спирта одно и тоже.

Рубрика D содержитъ вещества, поглощенія которыхъ были опредѣлены въ растворѣ; конечно этотъ путь опредѣленія менѣе точенъ и разницы между опытными и теоретическими вычисленіями больше.

Таблица XL.

1	2	3	4	5	6
Вещества:	M Молекулярный (атомный) вѣсъ	a Поглощеніе однимъ граммомъ вещества	Ma Поглощеніе всей молекулой (атомомъ) найдено.	Ma Поглощеніе всей молекулой (атомомъ) вычислено.	Разница въ %.
A. 1) Al	27·1	1·00	27·1		
2) C	12·0	·86	10·27		
3) S	32·07	1·04	33·36		
4) Ca	40·09	1·23	49·31		
5) Br	79·92	1·15	91·9		
6) J	126·92	1·35	171·3		
B. 1) Гексанъ C_6H_{14} . . . . . (H)	86·11	·91	78·36	H = 1·19	
2) Бензолъ C_6H_6 . . . . . (H)	78·05	·881	68·77	H = 1·19	
3) Мочевина $CO(NH_2)_2$ . . (N)	60·05	·89	53·46	N = 12·19	
4) Тетра-хлоръ углеродъ CCl_4 . (Cl)	153·84	·97	149·20	Cl = 34·7	
5) Al_2O_3 . . . . . (O)	102·20	·89	90·95	O = 14·05	
C. 1) Ацетонъ C_3H_6O	58·05	·892	51·78	52·00	+0·4
2) Хлороформъ $CHCl_3$	119·39	1·02	121·80	116·00	−4·7
3) Хлоръ-этиленъ $C_2H_4Cl_2$	98·95	·93	92·03	94·60	+2·8
4) Тетра-бромъ углеродъ CBr_4	331·68	1·13	374·9	377·90	+0·8
5) Бромъ-этиленъ $C_2H_4Br_2$	187·87	1·08	204·0	209·1	+2·5
6) Бромъ-бензолъ C_6H_5Br	157·00	1·019	159·9	159·5	−0·2
7) Бромъ-нафталинъ $C_{10}H_7Br$	206·98	·996	206·2	202·9	−1·6
8) Іодоформъ CHJ_3	393·77	1·35	531·5	525·4	−1·1
9) Сѣроуглеродъ CS_2	76·14	1·004	76·44	76·99	+0·7
10) Метиловый спиртъ $CH_3 \cdot OH$	32·03	·889	28·48	29·08	+2·1
11) Этиловый „ $C_2H_5 \cdot OH$	46·05	·891	41·03	41·73	+1·7
12) Пропиловый „ $C_3H_7 \cdot OH$	60·06	·898	54·00	54·38	+0·7
13) Изопропиловый „ $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!CH \cdot OH$	60·06	·898	54·00	54·38	+0·7
14) Глицеринъ $C_3H_5(OH)_3$	92·06	·89	81·93	82·48	+0·7
D. 1) H_2SO_4	98·09	·97	95·2	91·9	−3·5
2) $CaCl_2$	111·01	1·04	115·4	118·7	+2·9
E. 1) вода H_2O	18·02	·956	17·23	16·43	+4·6
2) тростниковый сахаръ $C_{12}H_{22}O_{11}$	342·2	·94	321·7		
α) $C_{12} + 11\ (H_2O)$				322·8	+0·3
β) $C_{12} + H_{22} + O_{11}$				304·0	−5·8

Наконецъ, въ рубрикѣ E даны поглощенія воды и тростниковаго сахара. На этихъ двухъ веществахъ приходится остановиться отдѣльно.

§ 86. Молекулярная поглощательная способность воды, какъ это даетъ опытъ, равна 17·23, а вычисленія по закону аддитивности даютъ 16·43, разница около 4·6%. Вода была предметомъ особенно тщательныхъ наблюденій и опытно найденная величина поглощенія установлена довольно точно. Теоретически вычисленное молекулярное поглощеніе воды сдѣлано въ томъ предположеніи, что атомное поглощеніе водорода равно 1·19 и кислорода 14·05; для воды, слѣдовательно, поглощеніе должно быть $(2 \times 1{\cdot}19 + 14{\cdot}05) = 16{\cdot}43$. Если исходить изъ воды для опредѣленія атомнаго поглощенія водорода, принявъ для кислорода какъ и раньше число 14·05, тогда выходитъ, что на долю каждаго атома водорода въ водѣ приходится поглощеніе $(17{\cdot}23 - 14{\cdot}05) : 2 = 1{\cdot}59$, что составляетъ около 25% разницы съ величинами поглощеній, найденныхъ для водорода изъ бензола и гексана (1·19). Водородъ является въ ряду другихъ исключительнымъ элементомъ по своей поглощательной способности.

Всѣ изслѣдователи останавливаются на томъ фактѣ, что водородъ обнаруживаетъ аномалію въ поглощеніи. Это было уже отмѣчено Ленаромъ[1]) на катодныхъ лучахъ различной скорости: катодные лучи весьма большой скорости поглощаются водородомъ не такъ значительно, какъ другими газами, но зато катодные лучи меньшихъ скоростей поглощаются тѣмъ же водородомъ гораздо больше, чѣмъ другими газами.

Далѣе Беккеръ[2]) измѣрялъ поглощеніе катодныхъ лучей въ различныхъ газахъ, находившихся подъ давленіемъ одного миллим. ртутнаго столба. Изъ его опытовъ несомнѣнно слѣдуетъ, что водородъ на единицу своей массы поглощаетъ гораздо больше, чѣмъ другіе газы. Изъ данныхъ опытовъ Беккера Дж. Дж. Томсонъ[3]) вычислилъ поглощеніе катодныхъ лучей водородомъ въ его соединеніяхъ:

---

1) Lenard: Ann. d. Physik, 1903 г. XII, 732.

2) Becker: Ann. d. Physik, 1905, XVII, 381.

3) J. J. Thomson: Conduction of electricity through gases. Cambridge, 2 edition, 1906, p. 387.

въ метанѣ и амміакѣ; оказывается, что коэффиціенты поглощенія (λ) для того-же самаго водорода зависятъ отъ характера его химическихъ соединеній, какъ это видно изъ слѣдующаго:

изъ NH_3 : $\lambda H = ·00053$
изъ CH_4 : „ $= ·00065$
изъ самого H: „ $= ·00034$

т. е. поглощеніе водорода въ болотномъ газѣ (CH_4) въ два раза больше, чѣмъ поглощеніе въ самомъ водородѣ. На основаніи нѣкоторыхъ нашихъ опытовъ съ опредѣленіемъ поглощающей способности амидной группы мы можемъ также подтвердить, что водородъ въ амидной группѣ (NH_2) (у анилина) поглощаетъ нѣсколько меньше, чѣмъ въ метильной. Опыты съ изслѣдованіемъ аномальнаго поглощенія водорода еще не закончены и мы воздерживаемся отъ соотвѣтствующихъ обобщеній.

Въ таблицѣ „XL“ атомное поглощеніе водорода было принято за 1·19, такъ какъ для доказательства аддитивности были выбраны соединенія углеводородовъ и ихъ производныхъ, гдѣ водородъ встрѣчается только связаннымъ съ углеродомъ въ видѣ группъ: CH_3, C_6H_5, характеръ связей которыхъ не вліяетъ на поглощающую способность водорода, какъ это видно было раньше на примѣрѣ бензола и гексана.

Правда въ спиртахъ одинъ атомъ водорода находится въ связи съ кислородомъ въ видѣ гидроксильной группы; но если бы даже этотъ одинъ атомъ водорода обнаружилъ такую высокую поглощающую способность, какъ въ водѣ, то и тогда, въ виду весьма незначительнаго процентнаго содержанія, нельзя было бы ни утверждать, ни отрицать чего-либо объ аномаліяхъ въ поглощеніи бэта частицъ водородомъ.

Тростниковый сахаръ, дѣйствительно, представляетъ собою бо́льшій процентъ содержанія водорода и къ тому же относится къ ряду углеводовъ съ альдегидо-кетоннымъ характеромъ своихъ связей. Разсматривая тростниковый сахаръ, состоящимъ изъ C_{12} и 11 (H_2O) получается почти совпаденіе молекулярныхъ поглощеній опытнаго (321·7) и вычисленнаго (322·8); причемъ для молекулярнаго поглощеня воды принято число 17·23, какъ это даетъ опытъ. Если же расчислить молекулярное поглощеніе сахара на основаніи отдѣльныхъ атомныхъ поглощеній; углерода, водорода и кислорода, т. е. по

формулѣ: $C_{12} + H_{22} + O_{11}$, тогда вычисленное молекулярное поглощеніе (304) почти на 6% ниже опытнаго (321·7).

Проблемы, представляемыя этими аномаліями, несомнѣнно важны и въ ближайшую очередь онѣ будутъ атакованы еще разъ.

§ 87. На основаніи изслѣдованій, которымъ посвящены двѣ послѣднія главы вытекаетъ слѣдующее:

1) Аллотропія химическихъ элементовъ не вліяетъ на величину поглощенія бэта частицъ; одинъ граммъ углерода въ видѣ графита и въ видѣ угля обладаетъ одинаковой поглощательной способностью;

2) Изомерія химическихъ соединеній также не измѣняетъ величины поглощенія; изомерные спирты — пропиловый $C_3H_7 \cdot OH$ и изопропиловый $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \!\!\rangle CH.OH$ — имѣютъ одно и то же поглощеніе.

3) Вызванныя химическими реакціями глубокія измѣненія въ природѣ веществъ остаются безъ вліянія на поглощающую способность атомовъ;

4) Поглощеніе есть аддитивное свойство матеріи: оно опредѣляется природой самого атома и не зависитъ отъ способа его сочетаній въ молекулы (водородъ является исключеніемъ);

5) Въ силу закона аддитивности молекулярное поглощеніе даннаго соединенія легко вычислить изъ атомныхъ поглощеній составляющихъ его элементовъ. Законъ этотъ можно выразить въ формѣ

$$M_a = \Sigma A_a,$$

гдѣ M_a и A_a — молекулярное и атомное поглощеніе.

6) Если даны составъ соединенія, его молекулярное поглощеніе и атомныя поглощенія составляющихъ его элементовъ кромѣ одного, тогда легко опредѣлить атомное поглощеніе этого послѣдняго. Ошибки опредѣленій атомнаго поглощенія подобнаго рода тѣмъ меньше, чѣмъ больше процентное содержаніе разсматриваемаго элемента въ данномъ соединеніи.

Отсюда вытекаетъ практическій выводъ; для опредѣленія атомнаго поглощенія такихъ элементовъ, которые въ свободномъ состояніи существовать не могутъ (Na, K, Fl), или по своему газообразному состоянію неудобны для непосред-

ственнаго наблюденія (H, N, O, Cl), можно взять ихъ соединенія, составъ которыхъ извѣстенъ и по разности молекулярнаго поглощенія этого соединенія и атомнаго поглощенія всѣхъ элементовъ, кромѣ одного искомаго, опредѣлить поглощающую способность этого послѣдняго;

7) Водородъ является исключительнымъ элементомъ въ ряду другихъ, такъ какъ его атомное поглощеніе измѣняется въ зависимости отъ характера химическихъ соединеній. Почти всѣ такъ называемыя аддитивныя свойства матеріи имѣютъ нѣкоторое ограниченіе, — вліяніе строенія, вліяніе связей и т. п.; такъ называемыя конститутивныя свойства измѣняютъ аддитивный характеръ физическихъ постоянныхъ.

Опыты съ поглощеніемъ электроновъ радія, по крайней мѣрѣ, въ томъ объемѣ, какъ они произведены до сихъ поръ, указываютъ, что аддитивный характеръ поглощенія (за исключеніемъ водорода) не стоитъ въ связи съ конститутивными свойствами матеріи.

Если поглощеніе элеткроновъ зависитъ отъ природы самого атома, то ясно, что одной изъ очередныхъ задачъ современной химіи является опредѣленіе атомнаго поглощенія электроновъ каждымъ химическимъ элементомъ. Слѣдующая глава посвящается именно этому вопросу.

Глава XIII.

Поглощеніе бэта лучей радія въ зависимости отъ атомнаго вѣса химическихъ элементовъ.

§ 88. Если атомъ химическаго элемента представляетъ собою сложную систему, составленную изъ электроновъ, то столкновеніе всякаго внѣшняго электрона съ такой системой можно себѣ представлять только какъ столкновеніе съ составляющими атомъ отдѣльными электронами, — метеоры не сталкиваются съ солнечной системой какъ таковой, а съ отдѣльными планетами солнечной системы. Нельзя

себѣ представлять, что пространство внутри атома сплошь заполнено электронами. Въ самомъ дѣлѣ, линейные размѣры атома выражаются числами порядка 10^{-8} сант., а линейные размѣры электрона 10^{-13} сант.; кубическіе размѣры ихъ 10^{-24} и 10^{-39} сант. Отсюда объемъ атома больше объема электрона въ $\left(\frac{10^{-24}}{10^{-39}}\right) = 10^{15}$ разъ. Если принять массу электрона въ 2000 разъ меньшей, чѣмъ масса водороднаго атома и если допустить, что атомные вѣса элементовъ прямо пропорціональны числу электроновъ (корпускулъ), составляющихъ атомъ, тогда прямыя вычисленія покажутъ, что даже въ системахъ наиболѣе тяжелыхъ атомовъ, напр. урана, остается внутри атома достаточно пространства, незаполненнаго электронами. Въ самомъ дѣлѣ, если атомъ водорода состоитъ изъ 2000 корпускулъ, то атомъ урана содержитъ ихъ въ 240 разъ больше, т. е. въ круглыхъ числахъ 500,000 корпускулъ; ихъ общій объемъ будетъ $500{,}000 \times 10^{-39} = 5 \times 10^{-34}$ сант.; а этотъ объемъ меньше объема всего атома въ 10^{10} разъ.

Въ такомъ случаѣ столкновеніе движущагося внѣшняго электрона съ системой атома нужно себѣ представлять такъ, что внѣшній электронъ проходитъ въ самое пространство, занимаемое всей системой атома и испытываетъ рядъ столкновеній съ внутренними электронами самого атома, находящимися на пути движенія.

Если система связей внутреннихъ электроновъ атома настолько прочна, что кинетическая энергія движущагося электрона еще недостаточна для того, чтобы ее разрушить, то электронъ, претерпѣвъ рядъ столкновеній, измѣняетъ свое первоначальное направленіе и выходитъ изъ системы атома съ уменьшенной скоростью. Если же система внутреннихъ связей электроновъ не такъ прочна, то движущійся извнѣ электронъ можетъ смѣстить собою одинъ или нѣсколько изъ внутреннихъ электроновъ, передавъ имъ свою кинетическую энергію.

Въ первомъ случаѣ пучекъ электроновъ послѣ прохожденія черезъ слой вещества уменьшаетъ свою активность въ силу того, что часть электроновъ вслѣдствіе столк-

новенія съ другими электронами внутри атома измѣнила свое первоначальное направленіе; чѣмъ больше слой вещества на пути движущихся электроновъ, тѣмъ больше число электроновъ, измѣнившихъ свои начальныя траэкторіи. Въ такомъ видѣ явленія поглощенія можно свести къ разсѣянію электроновъ при прохожденіи ихъ черезъ матеріальныя тѣла.

Если движущійся электронъ при столкновеніи съ корпускулами атома измѣнитъ свое направленіе настолько, что уголъ между первоначальнымъ и окончательнымъ направленіемъ меньше прямого угла, тогда такой электронъ можно назвать отраженнымъ. Если бы удалось доказать, что въ прошедшихъ черезъ слой вещества электронахъ находятся и такіе, которые принадлежатъ атомамъ поглощающаго вещества, тогда эти электроны были бы вторичнаго происхожденія и пучекъ лучей, изъ нихъ составленный, можно назвать вторичнымъ пучкомъ лучей, въ отличіе отъ пучка первичныхъ электроновъ, непосредственно вылетающихъ изъ источника радіаціи. До сихъ поръ однако нѣтъ вѣскихъ основаній утверждать, что бэта частицы, дѣйствительно, смѣщаютъ часть внутреннихъ электроновъ атома и занимаютъ ихъ мѣсто.

Для гамма лучей извѣстно, что падающій пучекъ лучей и отраженный совершенно отличны одинъ отъ другого: падающій (первичный) не обладаетъ отрицательнымъ зарядомъ и не отклоняется въ магнитномъ полѣ, отраженный (вторичный) несётъ съ собою отрицательный зарядъ и отклоняется въ магнитномъ полѣ; первичные гамма лучи очень глубоко проходятъ въ матеріальныхъ тѣлахъ, тогда какъ вторичные гамма лучи легко поглощаемы. Отсюда само собою напрашивается объясненіе, что вторичные гамма лучи это электроны самого вещества, выбитые изъ своего положенія первичными гамма лучами.

Нельзя однако же провести такой разницы между первичными и вторичными бэта лучами. Нельзя съ увѣренностью доказать, что вторичные бэта лучи — это электроны, выбитые изъ атомовъ того вещества, на которое падаютъ первичные бэта лучи. Ни магнитное отклоненіе, ни измѣренія скорости, ни явленія поглощенія не отличаютъ ихъ настолько, чтобы во вторичныхъ лучахъ признать электроны атомовъ того вещества, черезъ которое проходятъ первичные лучи.

Вотъ почему до сихъ поръ мы не касались вопроса о природѣ вторичной радіаціи и явленіе поглощенія выражали въ терминахъ аллюминія, какъ будто бы передъ нами все время былъ первичный пучекъ лучей, проходившихъ черезъ матерію. Если бы установлено было теперь или когда-нибудь потомъ отношеніе между количествами вторичной и первичной радіаціи въ пучкѣ бэта лучей, прошедшихъ черезъ толщу вещества, наши данныя сравнительной поглощательной способности веществъ остаются въ полной силѣ, — опыты Ива[1]) убѣждаютъ, что характеръ вторичныхъ бэта лучей въ предѣлахъ ошибокъ опыта въ общемъ очень сходенъ съ характеромъ первичныхъ бэта лучей; въ частности, абсорбція вторичныхъ бэта лучей даетъ величину того же самого порядка, какъ и въ случаѣ первичныхъ лучей.

Мэкъ-Клилльэндъ[2]) опредѣлилъ у различныхъ химическихъ элементовъ отношеніе между интенсивностью вторичныхъ бэта лучей радія, отраженныхъ отъ даннаго химическаго элемента и первичныхъ, выходящихъ изъ самого препарата. При этомъ оказалось, что болѣе тяжелые химическіе атомы отражаютъ большій процентъ бэта лучей, чѣмъ атомы легкихъ элементовъ. Въ общемъ видѣ зависимость вторичныхъ бэта лучей является періодической функціей атомнаго вѣса.

Изъ данныхъ Мэкъ-Клилльэндовскихъ таблицъ видно, что аллюминій, выбранный нами за основное вещество для сравненія съ другими элементами, по своей отражающей способности занимаетъ среднее положеніе между легкими элементами съ одной стороны и болѣе тяжелыми — съ другой.

Мэкъ-Клилльэндъ собралъ свои данныя объ отраженіи бэта частицъ элементами въ такихъ условіяхъ, когда эти элементы способны давать максимумъ отраженныхъ бэта частицъ; для выполненія этихъ условій необходимо, чтобы направленіе первичнаго (падающаго) пучка бэта частицъ

1) Eve, Phil. Mag. [6], 1904, VIII, 669.

2) Оригинальныя работы мнѣ неизвѣстны, за отсутствіемъ источниковъ: Trans. Roy. Doublin Soc. VIII, 1905, 169 и Trans. Roy. Doublin Soc. IX, 1905, 1, гдѣ онѣ напечатаны; знакомъ съ этими работами по J. J. Thomson'y: Conduction of Electricity through gases, 2 edition, Cambridge 1906, 393 стр. и по статьѣ Шмидта: Jahrb. der Rad. und Electr. 1908, V, 481 стр.

составляло уголъ съ плоскостью паденія изслѣдуемаго элемента приблизительно въ 45°. Въ нашихъ опытахъ направленіе падающаго первичнаго пучка бэта частицъ къ плоскости паденія во всё время опытовъ является нормальнымъ; значитъ, количество отраженныхъ назадъ электроновъ составляетъ сравнительно небольшой процентъ для тяжелыхъ атомовъ и почти равно нулю для атомовъ лёгкихъ. Послѣ Мэкъ-Клилландовскихъ изслѣдованій, нѣкоторые авторы при изученіи явленій поглощенія ввели понятія о коэффиціентѣ поглощенія и коэффиціентѣ отраженія (Шмидтъ). Мы не видимъ особенной необходимости выдѣлять бэта частицы, измѣнившія свое направленіе отъ первоначальнаго меньше, чѣмъ на прямой уголъ, въ особую рубрику и трактовать ихъ, какъ особый классъ отраженныхъ бэта лучей. А потому въ этой главѣ, при опредѣленіи сравнительной поглощающей способности химическихъ элементовъ, будутъ оставлены въ силѣ предыдущіе способы для измѣренія величины поглощенія бэта лучей.

Степень іонизаціи воздуха пучкомъ бэта частицъ, проходящимъ черезъ послѣдовательно утолщающіеся слои вещества, постепенно уменьшается, и это является мѣрою активности даннаго пучка лучей въ зависимости отъ толщины слоя вещества. Пониженіе активности объясняется, во-первыхъ, тѣмъ, что одна часть электроновъ, дѣйствительно, поглощена даннымъ слоемъ вещества; во-вторыхъ, тѣмъ, что другая часть отражена, въ самомъ общемъ смыслѣ этого слова, отъ даннаго слоя вещества; и, въ третьихъ, наконецъ, тѣмъ, что скорость бэта частицъ, прошедшихъ черезъ данный слой вещества и сохранившихъ еще свое первоначальное направленіе понизилась вслѣдствіе постоянныхъ столкновеній въ моментъ прохожденія [1]).

На дѣлѣ очень трудно опредѣлить относительное количество частицъ дѣйствительно поглощенныхъ и отраженныхъ (диффузно-разсѣянныхъ), а потому, какъ и раньше, такъ и

1) Теперь уже нѣтъ никакихъ сомнѣній въ томъ, что скорость бэта частицъ послѣ прохожденія черезъ матерію уменьшается, — въ только что опубликованныхъ работахъ Уильсона это уменьшеніе скорости доказано очень убѣдительно. (William Wilson: Proc. Roy. Soc. A, 84, 1910, 141; срав. тамъ же J. A. Gray, стр. 137).

теперь всѣ явленія, связанныя съ уменьшеніемъ активности бэта лучей при прохожденіи ихъ черезъ матеріальную среду, объединяются подъ общимъ именемъ „поглощенія“, — и величина сравнительнаго поглощенія бэта лучей химическими элементами будетъ заключать въ себѣ и поглощенныя, и диффузно разсѣянныя бэта частицы.

§ 89. При опредѣленіи сравнительнаго атомнаго поглощенія бэта лучей химическими элементами надежнѣе всего пользоваться непосредственно самими химическими элементами, — въ такихъ опредѣленіяхъ нѣтъ поправокъ на поглощеніе посторонними веществами и самыя опредѣленія потому выигрываютъ въ точности. Въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ необходимо опредѣлить поглощающую способность газообразнаго элемента, или же элемента очень нестойкаго въ обыкновенныхъ условіяхъ температуры и влажности, приходится пользоваться химическими соединеніями этого элемента, въ которыхъ составъ и поглощающая способность всѣхъ другихъ элементовъ, кромѣ одного искомаго, заранѣе извѣстны. Само собою понятно, что точность опредѣленія зависитъ отъ процентнаго содержанія искомаго элемента въ данномъ соединеніи.

Чѣмъ бóльше относительное количество разсматриваемаго элемента въ соединеніи, тѣмъ меньше ошибка опредѣленія поглощательной способности однимъ граммомъ этого вещества.

§ 90. Въ рядѣ нижеслѣдующихъ таблицъ сведены результаты отдѣльныхъ опредѣленій атомнаго поглощенія элементовъ. Таблицы уменьшенія активности въ зависимости отъ толщины поглощающаго слоя опущены (діаграммы сохранены, см. Фиг. „24“ и „26“) и приведены только вычисленныя значенія величинъ поглощенія бэта частицъ послѣдовательно утолщающимися слоями вещества. Всѣ опредѣленія произведены въ стеклянной ячейкѣ (№ I) съ площадью основанія въ 4·026 сант. и высотой 0·239 сант. Высота слоя вещества всякій разъ опредѣлена взвѣшиваніемъ, причемъ плотности веществъ взяты изъ таблицы Ландольта или Ведекинда и Льюиса[1]).

1) E. Wedekind und J. Lewis: „Neue Atomgewicht Kurven“. Stuttgart, 1910.

Всѣ таблицы поглощеній составлены такъ: въ первомъ столбцѣ даны толщины слоя изслѣдуемаго вещества (t); во второмъ — поглощенія въ сантиметрахъ аллюминія (a); въ третьемъ — отношеніе поглощенія къ толщинѣ $\left(\frac{a}{t}\right)$; — данныя этого столбца показываютъ, сколько требуется сантиметровъ аллюминія для того, чтобы вызвать эффектъ поглощенія, равный поглощенію слоемъ изслѣдуемаго вещества въ одинъ сантиметръ.

Въ 4-омъ столбцѣ вычислены величины $K = \frac{a}{t \times d}$; Если $\frac{a}{t}$ раздѣлить на плотность вещества, то частное отъ этого дѣленія (K) показываетъ поглощательную способность вещества (въ сантиметрахъ аллюминія), взятаго въ массѣ въ одинъ граммъ съ поперечнымъ сѣченіемъ въ одинъ квадратный сантиметръ.

Если данныя 4-го столбца помножить на плотность аллюминія, тогда сравнительное поглощеніе будетъ выражаться уже не въ сантиметрахъ Al., а въ граммахъ; въ 5-омъ столбцѣ и даны эти величины сравнительнаго поглощенія элементовъ въ массахъ (граммахъ) аллюминія.

Эти данныя вычислены изъ отношенія:

$$K' = \frac{a \times 2{,}70}{t \times d}.$$

По даннымъ 5-го столбца можно судить, сколько граммовъ аллюминія съ поперечнымъ сѣченіемъ въ 1 кв. сантим. необходимо для того, чтобы вызвать эффектъ поглощенія, равный поглощенію однимъ граммомъ изслѣдуемаго вещества, имѣющимъ ту же самую единицу поперечнаго сѣченія. Эти опредѣленія представляютъ собою величину сравнительнаго поглощенія бэта частицъ, отнесённаго къ грамму вещества. Помноженіемъ сравнительнаго поглощенія на атомный вѣсъ получается величина атомнаго поглощенія въ граммахъ Al.

Въ концѣ каждой таблицы дана величина атомнаго поглощенія элемента.

Теперь слѣдуетъ рядъ таблицъ съ данными сравнительнаго атомнаго поглощенія элементовъ.

§ 91. Элементъ углеродъ былъ предметомъ особенно тщательныхъ изслѣдованій. Первые опыты съ поглощеніемъ

Таблица XLI.

C — чистый уголь (retort coal). Атомный вѣсъ = 12·0; d = 1·885.

Ячейка № 1; площадь = 4·026 см.^{2}; высота = ·239 сант.

1 t, Толщина слоя.	2 a, Поглощеніе въ термин. Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·06 сант.	·0368 сант. Al.	·61		
·07 „	·0422 „	·60		
·08 „	·0477 „	·60		
·09 „	·0535 „	·59		
·10 „	·0595 „	·60		
·11 „	·0653 „	·59		
·12 „	·0711 „	·59		
·13 „	·0770 „	·59		
·14 „	·0825 „	·59		
·15 „	·0880 „	·59		
·16 „	·0937 „	·59		
		Средн.: ·595	·316	·853

1 гр. C (угля) = ·853 гр. Al.
Атомное поглощеніе C (12) = 10·24 „ „

Таблица XLII.

C — графитъ. Атомный вѣсъ = 12·0; d = 2·17.

1 t, Толщина слоя.	2 a, Поглощеніе въ термин. Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·01 сант.	·0072 „	·72		
·02 „	·0143 „	·72		
·03 „	·0216 „	·72		
·04 „	·0285 „	·71		
·05 „	·0346 „	·69		
·06 „	·0405 „	·68		
·07 „	·0466 „	·67		
		Средн.: ·70	·32	·86

1 гр. C (графита) = ·86 гр. Al.
Атомное поглощеніе C (12) = 10·32 „ „

бэта частицъ углеродомъ были произведены на двухъ препаратахъ древеснаго угольнаго порошка, изъ которыхъ одинъ имѣлъ плотность 0·40 и другой 1·45; анализомъ было доказано, что эти препараты содержали еще значительное количество неорганическихъ солей (золы) и потому полученные результаты не вошли въ таблицу, хотя они отличаются на 5—7 % отъ истиннаго значенія поглощенія, полученнаго на препаратѣ чистаго угля и графита; на діаграммѣ Фиг. 24 сохранены кривыя зависимости активности отъ толщины слоя для этихъ двухъ препаратовъ угольнаго порошка съ плотностями 0·40 и 1·45.

Данныя таблицы „XLI“ относятся къ чистому углю: анализомъ были обнаружены лишь незначительные слѣды золы, не превышающія десятыхъ долей процента.

Изъ сравненія обоихъ таблицъ XLI и XLII ясно, что разница въ поглощеніи углеродомъ и графитомъ не превосходитъ 1 %, т. е. лежитъ въ предѣлахъ ошибокъ опыта. Въ предыдущей главѣ для доказательства закона аддитивности сравнительная поглощательная способность однимъ граммомъ углерода была принята за 0·86 (въ граммахъ ал-

Таблица XLIII.

S — сѣра.
Атомный вѣсъ = 32·07;
d = 1·96.

1 t, Толщина слоя.	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·05 сант.	·0384 сант. Al	·77		
·06 „	·0455 „	·76		
·07 „	·0527 „	·75		
·08 „	·0604 „	·76		
·09 „	·0676 „	·75		
	Средн.:	·76	·39	1·05

1 гр. S = 1·05 гр. A
Атомное поглощеніе S (32·07) = 33·67 „ „

люминія); можетъ быть, то значеніе немного выше истиннаго; дѣйствительное значеніе, вѣроятно, близко къ 0·85; не тѣмъ-ли объяснить тотъ фактъ, что въ таблицѣ XL въ столбцѣ 6, гдѣ показаны разницы между вычисленными и опытными молекулярными поглощеніями, ошибка положительная преобладаетъ надъ ошибкой отрицательной?

§ 92. Сравнительное поглощеніе бэта частицъ ромбическою сѣрою (однимъ граммомъ) по даннымъ таблицы XLIII равно 1·05, тогда какъ раньше (см. табл. XXXIX, стр. 150) было дано число 1·04; эта малая разница объясняется или тѣмъ, что плотность порошковатой сѣры должна быть немного выше въ третьемъ десятичномъ знакѣ, или же просто присутствіемъ небольшихъ слѣдовъ влажности (хотя до опыта въ томъ и другомъ случаѣ препараты порошковатой сѣры высушивались на воздушной банѣ).

§ 93. **Таблица XLIV.**

CBr_4 C = 3·62%
Молекул. вѣсъ = 331·7; Br = 96·38%
d = 3·42. 100·00%

1 t, Толщина слоя.	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·01 сант.	·0157 сант. Al	1·5		
·02 „	·0295 „	1·5		
·03 „	·0437 „	1·4		
·04 „	·0576 „	1·4		
·05 „	·0712 „	1·4		
·06 „	·0848 „	1·4		
·07 „	·0970 „	1·4		
·08 „	·1090 „	1·4		
·09 „	·1220 „	1·4		
·10 „	·1365 „	1·4		
		Средн.: 1·4	·41	1·11

1 гр. (CBr_4) = 1·11 гр. Al
Молекулярное поглощеніе CBr_4 (331·7) = 368·2 „ „

Въ опредѣленіи поглощательныхъ свойствъ CBr_4 существуетъ разница около 3 % между ранѣе даннымъ значеніемъ 1.15 (см. таблицу XXXIX, стр. 150) и значеніемъ, указаннымъ въ таблицѣ XLIV. Свойства летучести и неизвѣстность третьяго знака въ опредѣленіи плотности CBr_4 даютъ достаточно основаній для объясненій указанной разницы.

§ 94. **Таблица XLV.**

$C_{12}H_{22}O_{11}$ (порошокъ). C = 42·10 %
Молекулярн. вѣсъ = 342·2.; H = 6·48 „
d = 1·61. O = 51·42 „
100·00 %

1 t, Толщина слоя.	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·03 сант.	·0172	·57		
·04 „	·0229	·57		
·05 „	·0288	·58		
·06 „	·0343	·57		
·07 „	·0393	·56		
·08 „	·0442	·55		
·09 „	·0488	·54		
·10 „	·0540	·54		
		·56	·349 сант. Al	·94 гр. Al
		1 гр. $C_{12}H_{22}O_{11}$ =	·94 „	„
		Молекулярное поглощеніе (342·2) =	321·7 „	„

Ранѣе было уже указано (см. табл. XL, E и § 86), что молекулярное поглощеніе чистымъ сахаромъ (порошкомъ), вычисленное по формулѣ $(C_{12} + H_{22} + O_{11})$ на 6 % разнится отъ такового же поглощенія, вычисленнаго по формулѣ $[C_{12} + 11\,(H_2O)]$. Въ своемъ мѣстѣ эта разница была объяснена аномальнымъ поглощеніемъ бэта лучей водородомъ.

Къ **§ 95.** Таблица XLVI представляетъ собою отчасти воспроизведеніе данныхъ таблицы XXIV (стр. 90); посредствомъ формулъ: $\frac{a}{t \times d}$ и $\frac{a \times 2.70}{t \times d}$ получаеся возможность

опредѣлить величину молекулярнаго поглощенія NaCl, и отсюда вычислить атомное поглощеніе самого Na (атомное поглощеніе Cl опредѣлено изъ CCl_4, см. таблицу XL, B, стр. 156).

§ 95. **Таблица XLVI.**

NaCl (порошокъ). Cl = 60·65%
Молекулярный вѣсъ = 58·46 Na = 39·35%
d = 2·17 100·00%

1 t, Толщина слоя	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·01	·0075 см. Al.	·75		
·02	·0152 „	·75		
·03	·0229 „	·76		
·04	·0308 „	·77		
·05	·0384 „	·77		
·06	·0455 „	·76		
·07	·0529 „	·76		
·08	·0610 „	·76		
·09	·0688 „	·76		
·10	·0765 „	·76		
·11	·0834 „	·76		
·12	·0895 „	·75		
		·76	·352 сант. Al.	·95 гр. Al.

1 гр. NaCl = ·95 гр. Al.
Молекулярное поглощеніе (58·46) = 55·54 „ „
Если 1 гр. Cl = ·97, то 1 гр. Na = ·95 „ „
Атомное поглощеніе Na (23) = 21·84 „ „

Къ **§ 96.** Въ виду способности KCl притягивать влагу, значенія $\frac{a}{t}$ для тонкихъ слоевъ нѣсколько больше. (Сравни § 56, стр. 90 и 91).

Къ **§ 97.** По всей вѣроятности полученныя значенія атомнаго поглощенія Ba меньше дѣйствительныхъ; кристаллы $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ непостоянны и вывѣтриваются.

§ 96. **Таблица XLVII.**

KCl (порошокъ); молекулярн. вѣсъ = 74·56; d = 1·992.

K = 52·44%; Cl = 47·56 „ 100·00%

1 t, Толщина слоя.	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·05 сант.	·0422	·84		
·06 „	·0493	·82		
·07 „	·0570	·81		
·08 „	·0646	·81		
·09 „	·0725	·81		
		·82	·41	1·11 гр. Al

1 гр. KCl = 1·11 гр. Al
Молекулярное поглощеніе KCl (74·56) = 82·76 „ „
Если 1 гр. Cl = ·97, то 1 гр. K = 1·23 „ „
Атомное поглощеніе K (39·10) = 48·06 „ „

Къ **§ 99.** Само собою понятно, что механическое состояніе тѣлъ не вліяетъ на величину сравнительнаго поглощенія; возьмемъ-ли мы вещество въ видѣ порошка или въ видѣ тонкихъ листовъ, поглощающая способность остается постоянной.

Однако необходимо имѣть въ виду то обстоятельство, что крупныя зерна порошковатыхъ тѣлъ, взятыя въ тонкихъ слояхъ не могутъ сплошь покрыть дна ячейки, — остаются щели между сосѣдними зернами и бэта частицы проходятъ черезъ эти щели, не ослабѣвая въ своей интенсивности. Отсюда выводъ — чѣмъ тоньше взятый порошокъ, тѣмъ больше увѣренности въ томъ, что при тонкихъ слояхъ такой порошокъ сплошь покрываетъ дно ячейки, образуя въ каждой ея точкѣ препятствіе для прохожденія бэта лучей.

На примѣрѣ металлическаго кальція это хорошо замѣтно: крупныя зерна обладаютъ меньшей поглощательной способностью, чѣмъ мелкія.

§ 97. Таблица XLVIII.

$BaCl_2 \cdot 2H_2O$.

Молекул. вѣсъ = 244·32; d = 3·045.

Ba = 56·22%
Cl = 29·03 „
$2H_2O$ = 14·75 „
100·00%

1 t, Толщина слоя	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·03 сант.	·0434	1·47		
·04 „	·0549	1·37		
·05 „	·0679	1·36		
·06 „	·0821	1·37		
·07 „	·0960	1·39		
·08 „	·1112	1·39		
·09 „	·1290	1·44		
·10 „	·1490	1·49		
		1·41	·463	1·25 gr. Al

Молекулярное поглощеніе $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ = 305·5 gr. Al
Если поглощеніе водою = ·956 и хлоромъ
= ·97, то 1 gr. Ba = 1·47 „ „
Атомное поглощеніе Ba = 201.54 „ „

§ 98. Таблица XLIX.

Mg. Атомный вѣсъ = 24·32; d = 1·74.

1 t, Толщина слоя	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·03 см.	·0170 см. Al.	0·57		
·04 „	·0228 „	0·57		
·05 „	·0289 „	0·58		
·06 „	·0354 „	0·59		
·07 „	·0426 „	0·61		
		0·584	·336	·905

1 gr. Mg = ·91 gr. Al.
Атомное поглощеніе Mg (24·32) = 22·01 „ „

§ 99. Таблица L.

Ca. Атомный вѣсъ = 40·09; d = 1·58.

I. Крупныя зерна Ca:

1 t, Толщина слоя	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·08 см. Ca =	·0543 см. Al.	0·68		
·09 „ „	·0618 „	·69		
		·685	·43	1·17
II. Мелкія зерна Ca:				
·10 „ „	·0724 „	·72		
·11 „ „	·0798 „	·73		
·12 „ „	·0863 „	·72		
		·72	·45	1·21

1 гр. Ca = 1·21 гр. Al.
Атомное поглощеніе Ca (40·09) = 48·51 „ „

§ 100. Таблица LI.

Cu; d = 8·934; толщина листа = 0·0017 сант.
Атомный вѣсъ = 63·57.

1 t, Толщина слоя.	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d_1}$
·020 сант.	·086	4·3		
·025 „	·106	4·3		
·030 „	·127	4·2		
·035 „	·148	4·2		
·040 „	·169	4·2		
·045 „	·189	4·2		
·050 „	·208	4·2		
·055 „	·229	4·1		
·060 „	·244	4·1		
·065 „	·264	4·1		
·070 „	·290	4·1		
·080 „	·340	4·2		
		4·2	·47 сант. Al	1·27 гр. Al

1 гр. Cu = 1·27 „ „
Атомное поглощеніе Cu (63·57) = 80·5 „ „

§ 101. Таблица LII.

Zn; толщина листа = 0·0113 сант.
Атомный вѣсъ = 65·37; d = 7·1.

1 t, Толщина слоя	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·02 сант.	·069	3·5		
·03 „	·105	3·5		
·04 „	·136	3·4		
·05 „	·165	3·3		
·06 „	·191	3·2		
		3·4	·48	1·29

1 гр. Zn = 1·29 гр. Al.
Атомное поглощеніе Zn (65·37) = 84·33 „ „

§ 102. Таблица LIII.

Sn; толщина листа = 0·0008 сант.
Атомный вѣсъ = 119; d = 7·30.

1 t, Толщина слоя	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·025 сант.	·113	4·5		
·030 „	·133	4·4		
·035 „	·154	4·4		
·040 „	·174	4·4		
·045 „	·193	4·3		
·050 „	·212	4·2		
·055 „	·237	4·3		
·060 „	·260	4·3		
·065 „	·285	4·4		
·070 “	·315	4·5		
		4·4	·60	1·63

1 гр. Sn = 1·63 гр. Al.
Атомное поглощеніе Sn (119) = 1·94 „ „

§ 103. Таблица LIV.

J.

Атомный вѣсъ = 126·92;
d = 4·933 (Wedekind und Lewis).

1 t, Толщина слоя.	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·02 сант.	·0475	2·36		
·03 „	·0720	2·40		
·04 „	·0936	2·34		
·05 „	·1164	2·33		
·06 „	·1390	2·32		
		2·35	·50	1.35

1 гр. J = 1·35 гр. Al
Атомное поглощеніе J (126·92) = 171.3 „ „

§ 104. Таблица LV.

SiO_2. Si = 46·93%;
Молекулярн. вѣсъ = 60·3; O = 53·07%.
d = 2.20 (Landolt). 100·00%

1 t, Толщина слоя.	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·03 сант.	·0246	·82		
·04 „	·0316	·79		
·05 „	·0386	·77		
		·80	·364	·98

1 гр. SiO_2 = ·98 гр. Al
Если 1 гр. O = ·88 гр. Al, то 1 гр. Si = 1·09 „ „
Атомное поглощеніе Si (28·3) = 30·73 „ „

§ 105. Таблица LVI.

TiO_2; Ti = 60·05%; O = 39·95%

Молекулярный вѣсъ = 80·1. Плотность (d) при прокаливаніи:

до 600° — 3·89 — 3·95
до 800° — 4·13
до 1000° — 4·25 [1])

1 t, Толщина слоя	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·01 см. TiO_2	·0163 см. Al.	1·63		
·02 „	·0303 „	1·51		
·03 „	·0453 „	1·51		
·04 „	·0636 „	1·59		
		1·56	·378	1·02

1 гр. TiO_2 = 1·02 гр. Al.
Если 1 гр. O = ·88 гр. Al., 1 гр. Ti = 1·11 „ „
Атомное поглощеніе Ti. (48·1) = 53·60 „ „

§ 106. Таблица LVII.

Cr_2O_3; Cr = 68·42%; O = 31·58%.

Молекулярный вѣсъ = 152·2; d = 5·04 (Landolt).

1 t, Толщина слоя	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·005 см. Cr_2O_3	·0097 см. Al.	1·94		
·01 „	·0198 „	1·98		
·02 „	·0387 „	1·94		
·03 „	·0594 „	1·98		
·04 „	·0762 „	1·91		
·05 „	·0925 „	1·85		
		1·93	·382	1·032

1 гр. Cr_2O_3 1·03 гр. Al.
Если 1 гр. O = ·88 гр. Al., то 1 гр Cr = 1·10 „ „
Атомное поглощеніе Cr (52·1) = 57·33 „ „

1) Abbeg und Auerbach: III, 435; я прокаливалъ до 800°.

§ 107. Таблица LVIII.

$CaFl_2$. Ca = 51·33%
Молекулярн. вѣсъ = 78·09; Fl = 48·67%
d = 3·183 (Landolt). 100·00%.

1 t, Толщина слоя.	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·01 см. $CaFl_2$.	·0123 см. Al.	1·23		
·02 „	·0236 „	1·18		
·03 „	·0348 „	1·16*		
·04 „	·0458 „	1·15		
·05 „	·0570 „	1·14		
·06 „	·0677 „	1·13		
·07 „	·0780 „	1·11		
·08 „	·0906 „	1·13*		
		1·14	·36	·97

1 гр. $CaFl_2$ = ·97 гр. Al.
Если 1 гр. Ca = 1·21 гр. Al, то 1 гр. Fl = ·72 „ „
Атомное поглощеніе Fl (19·0) = 13·68 „ „

§ 108. Таблица LIX.

CHJ_3. C = 3·05%;
Молекулярн. вѣсъ = 394; H = 0·25%;
d = 4·008. J = 96·70%
100·00%

1 t, Толщина слоя.	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·04 сант.	·0820	2·05		
·05 „	·1054	2·11		
·06 „	·1285	2·14		
·07 „	·1475	2·11		
·08 „	·1660	2·08		
·09 „	·1820	2·02		
		2·085	·50	1·35

1 гр. CHJ_3 = 1·35 гр. Al
Молекулярное поглощеніе CHJ_3 (393·8) = 531·5 гр. Al

§ 109. **Таблица LX.**

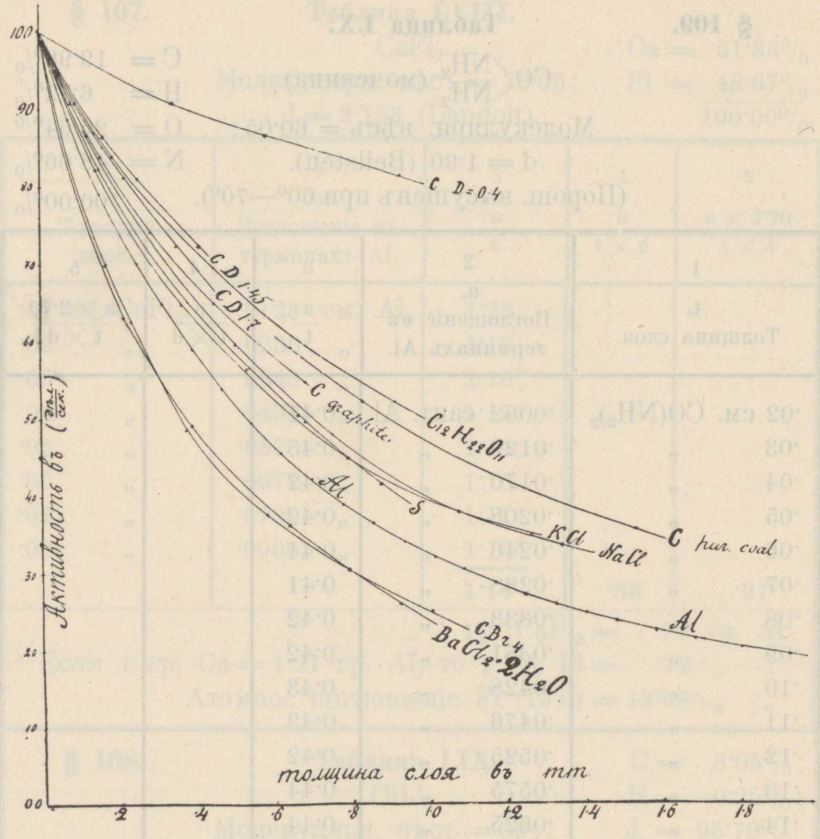
$CO\langle^{NH_2}_{NH_2}$ (мочевина).
Молекулярн. вѣсъ = 60·05;
d = 1·30 (Beilsten).
(Порош. высушенъ при 60°—70°).

C = 19·98%
H = 6·72%
O = 26·64%
N = 46·66%
100·00%

1 t, Толщина слоя.	2 a, Поглощеніе въ терминахъ Al.	3 $\frac{a}{t}$	4 $\frac{a}{t \times d}$	5 $\frac{a \times 2{\cdot}70}{t \times d}$
·02 см. $CO(NH_2)_2$	·0082 сант. Al	0·41		
·03 „	·0129 „	0·43		
·04 „	·0170 „	0·42		
·05 „	·0208 „	0·42		
·06 „	·0246 „	0·41		
·07 „	·0288 „	0·41		
·08 „	·0333 „	0·42		
·09 „	·0381 „	0·42		
·10 „	·0428 „	0·43		
·11 „	·0476 „	0·43		
·12 „	·0525 „	0·42		
·13 „	·0575 „	0·44		
·14 „	·0625 „	0·44		
·15 „	·0676 „	0·45		
		0·425	·33	·89

1 гр. $CO(NH_2)_2$ = ·89 гр. Al
Молекулярное поглощеніе $CO(NH_2)_2$ (60·05) = 53.46 „ „
1 гр. N = ·87 „ „
Атомное поглощеніе N = 12·19 „ „

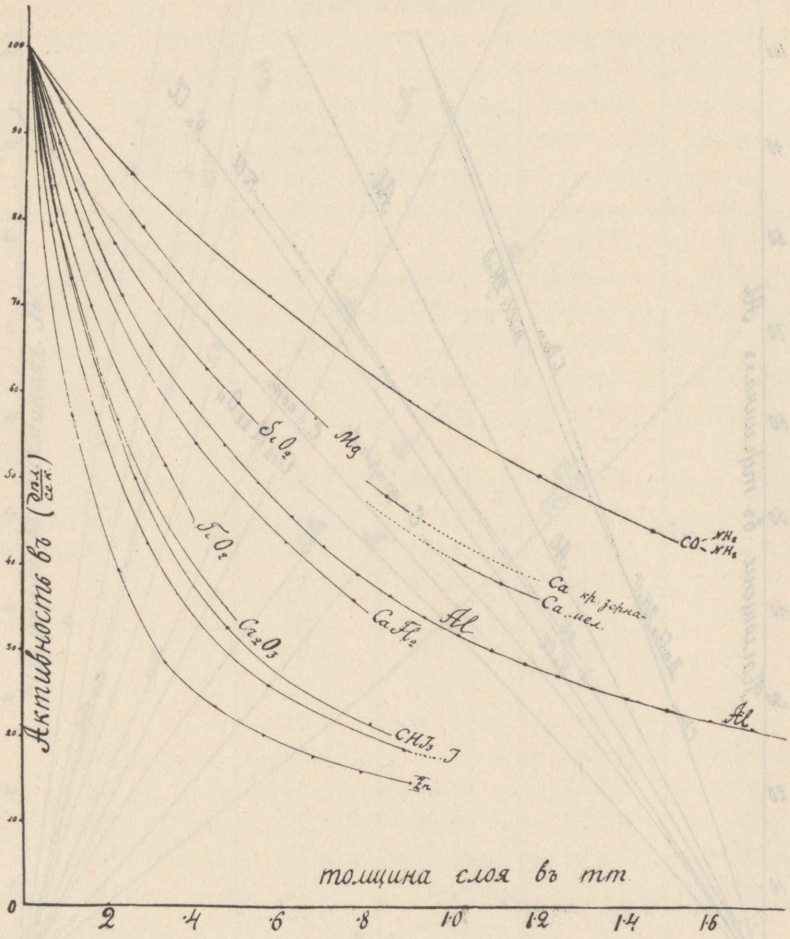
§ 110. Данныя предыдущихъ таблицъ сведены въ четырехъ діаграммахъ (Фиг. 24, 25, 26, 27). Первыя двѣ діаграммы (24 и 25) представляютъ собою изображеніе зависимости между толщиной слоя и активностью бэта частицъ, а двѣ другія (26 и 27) даютъ зависимость между толщиной слоя и поглощеніемъ бэта частицъ, выражаемымъ въ сантиметрахъ Al.



Фиг. 24.

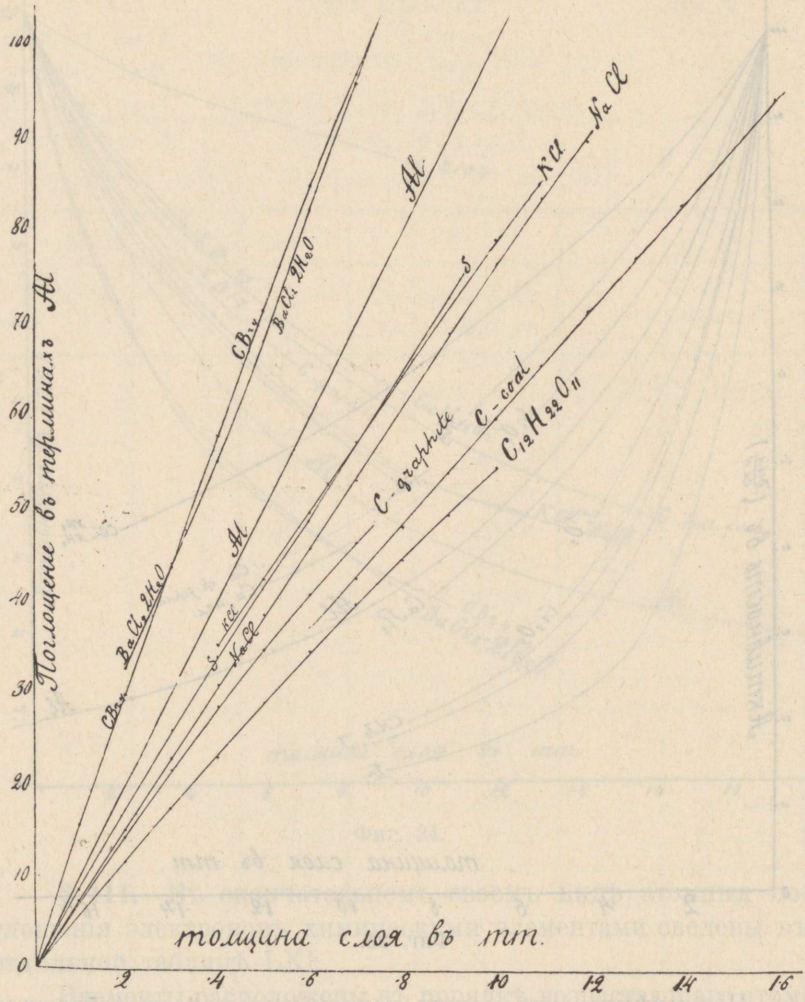
§ 111. Въ окончательномъ своемъ видѣ атомныя поглощенія электроновъ химическими элементами сведены въ отдѣльной таблицѣ LXI.

Элементы расположены въ порядкѣ возрастающаго атомнаго вѣса, причемъ аллюминій, служившій основнымъ веществомъ для сравненія, поставленъ на первомъ мѣстѣ (I столбецъ). Въ квадратныя скобки заключены тѣ элементы, атомное поглощеніе которыхъ опредѣлено изъ ихъ соединеній. Рядомъ съ элементами приведены ихъ атомные вѣса A (столбецъ 2-ой); и за ними атомныя поглощенія — A_a (столбецъ 3-ій). Въ 4-омъ столбцѣ даны поглощенія бэта лучей радія однимъ граммомъ вещества — a; въ этой таблицѣ граммовое и атомное поглощенія элементовъ выражены въ массахъ аллюминія (въ гр.).



Фиг. 25.

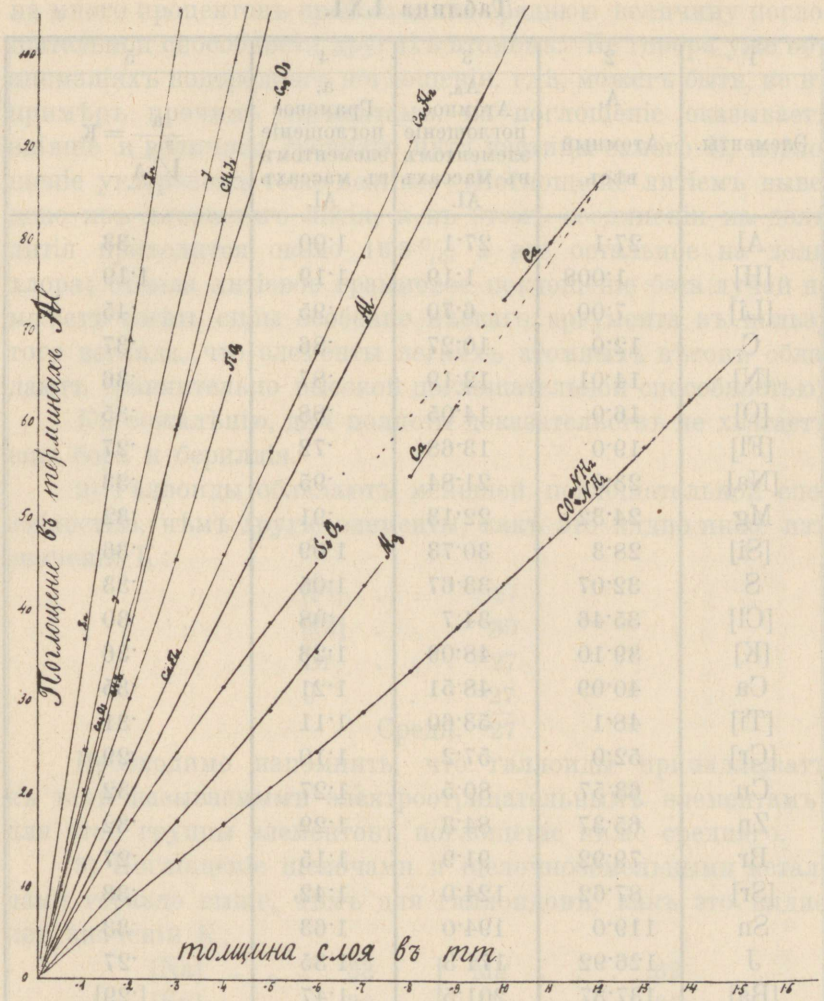
Несомнѣнно, что между поглощательной способностью элемента и его атомнымъ вѣсомъ должа быть какая-нибудь связь. Если всмотримся въ данныя граммоваго поглощенія единицей массы (однимъ граммомъ — столбецъ 4), то ясно, что поглощеніе возрастаетъ съ атомнымъ вѣсомъ. Въ какомъ отношеніи между собою находятся поглощеніе и атомныя массы? Послѣ многочисленныхъ попытокъ установить эту связь оказалось, что наиболѣе лучшимъ выраженіемъ для нея является формула: $\frac{a}{\sqrt[3]{A}} = K$, гдѣ a — граммовое по-



Фиг. 26.

глощеніе бэта частицъ даннымъ химическимъ элементомъ, А — атомный вѣсъ и К — нѣкоторая постоянная; въ столбцѣ 5-омъ сведены значенія К, вычисленныя по указанной формулѣ; изъ этихъ значеній видно, что величина К равна въ общемъ 0·30, и колебанія отъ этой средней величины въ ту и другую сторону очень малы.

§ 112. Придавъ предыдущей формулѣ видъ: $a = K\sqrt[3]{A}$, существующую связь между величинами можно выразить



Фиг. 27.

такъ: поглощеніе бэта лучей единицей массы какого-либо элемента (съ основаніемъ въ одинъ квадратный сантиметръ) прямо пропорціонально корню кубичному изъ атомной массы того же элемента.

Ближайшій анализъ подмѣченной законности даетъ основаніе высказать слѣдующія соображенія:

1. Первый періодъ химическихъ элементовъ Менделѣевской системы даетъ сравнительно высокую величину ихъ поглощательной способности.

Таблица LXI.

1	2	3	4	5
Элементы.	A, Атомный вѣсъ.	A_a, Атомное поглощеніе элементомъ въ массахъ Al.	a, Грамовое поглощеніе элементомъ въ массахъ Al.	$\frac{a}{\sqrt[3]{A}} = K$
Al	27·1	27·1	1·00	·33
[H]	1·008	1·19	1·19	1·19
[Li]	7·00	6·70	·95	·45
C	12·0	10·27	·86	·37
[N]	14·01	12·19	·87	·36
[O]	16·0	14·05	·88	·35
[Fl]	19·0	13·68	·72	·27
[Na]	23·0	21·84	·95	·33
Mg	24·32	22·13	·91	·32
[Si]	28·3	30·73	1·09	·36
S	32·07	33·67	1·05	·33
[Cl]	35·46	34·7	·98	·30
[K]	39·10	48·09	1·23	·36
Ca	40·09	48·51	1·21	·35
[Ti]	48·1	53·60	1·11	·31
[Cr]	52·0	57·2	1·10	·29
Cu	63·57	80·5	1·27	·32
Zn	65·37	84·3	1·29	·32
Br	79·92	91·9	1·15	·27
[Sr]	87·62	124·0	1·42	·33
Sn	119·0	194·0	1·63	·33
J	126·92	171·3	1·35	·27
[Ba]	137·37	201·5	1·47	[·29]
Pt	195·0	>312·0	> 1·60	·28
Pb	207·10	426·7	2·06	·35

Въ самомъ дѣлѣ, значенія K:

для [H] . . . 1·19
„ [Li] . . . ·45
„ C 37
„ [N] 36
„ [O] . . . ·35

на много процентовъ превосходятъ среднюю величину поглощательной способности другихъ атомовъ. Не говоря уже объ аномаліяхъ водороднаго поглощенія, гдѣ, можетъ быть, не въ примѣръ прочимъ элементамъ, на поглощеніе оказываетъ вліяніе и величина средняго пути частицы самого H, поглощеніе углеродомъ тоже велико. (Поглощеніе литіемъ выведено изъ хлористаго литія, а въ этомъ соединеніи на долю литія приходится около 16.5 %, а все остальное на долю хлора; отсюда литіевое граммовое поглощеніе бэта лучей не можетъ имѣть силы особенно вѣскаго аргумента въ пользу того взгляда, что элементы легкихъ атомныхъ вѣсовъ обладаютъ сравнительно высокой поглощательной способностью).

Къ сожалѣнію, для полноты доказательствъ не хватаетъ еще бора и бериллія.

2) Галлоиды обладаютъ меньшей поглощательной способностью, чѣмъ другіе элементы, какъ это видно ниже изъ значеній K:

[Fl] . . .	·27
[Cl] . . .	·30
Br . . .	·27
J . . .	·27
Средн.	·27

Необходимо напомнить, что галлоиды принадлежатъ къ такъ называемымъ электроотрицательнымъ элементамъ; для этой группы элементовъ поглощеніе ниже средняго.

3) Поглощеніе щелочами и щелочноземельными металлами гораздо выше, чѣмъ для галлоидовъ, какъ это видно изъ значеній K:

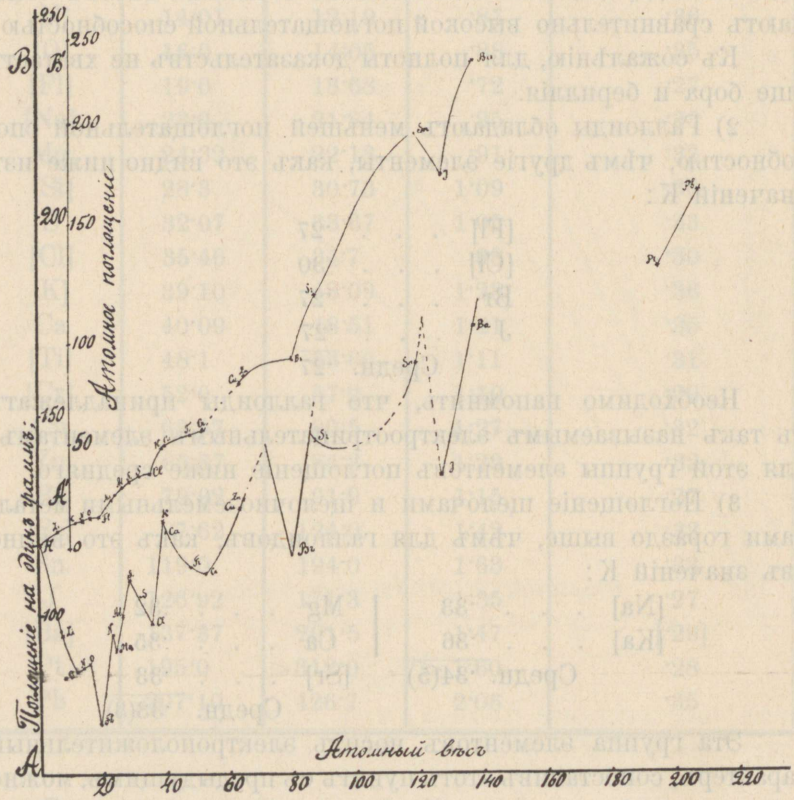
[Na] . . .	·33	Mg . . .	.32
[Ka] . . .	·36	Ca . . .	·35
Средн.	·34(5)	[Sr] . . .	·33
		Средн.	·33(3)

Эта группа элементовъ носитъ электроположительный характеръ; сопоставивъ этотъ пунктъ съ предыдущимъ, можно сдѣлать общій выводъ: поглощеніе бэта частицъ радія, больше въ электроположительныхъ элементахъ и меньше въ электроотрицательныхъ. Объясненіе этого явленія необходимо искать въ томъ, что сами бэта частицы несутъ на себѣ отрицательный зарядъ электричества.

4) Металлы обладаютъ поглощательной способностью нѣсколько ниже щелочныхъ земель; это видно изъ значеній K:

Al . . .	·33
Cu . . .	·32
Zn . . .	·32
Sn . . .	·33
Средн.	·325

§ 113. Графическое изображеніе поглощательной способности химическихъ элементовъ дано на діаграммѣ, Фиг. 28.



Фиг. 28.

На осяхъ абсциссъ нанесены атомные вѣса элементовъ и на осяхъ ординатъ поглощеніе бэта лучей.

Ордината AB содержитъ величины поглощенія бэта лучей на одинъ граммъ вещества, — этому соот-

вѣтствуетъ нижняя кривая съ ясно выраженными минимумами и максимумами; ордината A′B′ содержитъ величины атомнаго поглощенія бэта лучей химическими элементами; для правильности отсчетовъ ордината A′B′ должна быть передвинута влѣво параллельно самой себѣ до совпаденія съ ординатой AB. Зависимость атомнаго поглощенія отъ атомнаго вѣса представлена на діаграммѣ верхней кривой; зависимость граммоваго поглощенія отъ величины атомнаго вѣса изображается нижней кривой.

Изъ сравненія обоихъ кривыхъ ясно бросается въ глаза ихъ минимумы и максимумы: минимумы приходятся на долю галлоидовъ: Fl, Cl, Br, J; максимумы на долю щелочей, щелочныхъ земель; не столь рѣзко, но всё же замѣтно, выдѣляются минимумы на металлоидахъ (Ti, Cr) и максимумы на металлахъ (Zn, Cu); однако для выясненія второго ряда минимумовъ и максимумовъ еще не достаточно приведеннаго здѣсь опытнаго матеріала. Въ общемъ видѣ результатъ можетъ быть выраженъ такъ; поглощеніе бэта лучей химическими элементами является періодической функціей ихъ атомнаго вѣса.

§ 114. Такъ какъ отношеніе $\frac{a}{\sqrt[3]{A}} = K$ связываетъ атомный вѣсъ и абсорбцію, то ясно, что имъ можно воспользоваться для опредѣленія атомнаго вѣса химическихъ элементовъ. Возьмемъ конкретный случай. Попробуемъ вычислить атомный вѣсъ фтора, если поглощеніе бэта частицъ фтористымъ кальціемъ извѣстно.

Изъ таблицы LVIII видно, что одинъ граммъ $CaFl_2$ поглощаетъ бэта частицъ столько-же, сколько 0·97 гр. Al. (см. табл. для $CaFl_2$); прямыми опытами установлено, что одинъ граммъ чистаго Ca обладаетъ поглощеніемъ, равнымъ 1·21 гр. Al. Составъ $CaFl_2$ таковъ:

Ca	. . .	51·33 %
и Fl	. . .	48·67 %
		100·00 %

Слѣдовательно, въ одномъ граммѣ $CaFl_2$ на долю чистаго Ca приходится поглощеніе: (0·5133 × 1·21) = ·62; отсюда на долю Fl: (·97—·62) = ·35, а одинъ граммъ фтора поглощаетъ (0·35 : 0·4867) = ·72.

Теперь выберемъ точно константу поглощенія для всѣхъ элементовъ той естественной группы, къ которой принадлежитъ Fl, т. е. для галлоидовъ. У Cl Br и J эта константа имѣетъ слѣдующія значенія:

[Cl] . . .	·30
Br . . .	·27
J . . .	·27
Средн.	·27

Наибольшій вѣсъ принадлежитъ опредѣленіямъ константы у Br и J, потому что поглощеніе бэта лучей у этихъ двухъ веществъ опредѣлено непосредственно, тогда какъ поглощеніе хлоромъ выведено изъ поглощенія его соединенія: CCl_4.

Итакъ, для фтора поглощеніе a = ·72 и константа галлоидовъ K = ·27. Отсюда атомный вѣсъ фтора опредѣлится изъ уравненія:

$$\sqrt[3]{A} = \frac{0{\cdot}72}{0{\cdot}27} = 2{\cdot}67$$

$$\text{и} \quad A = 18{\cdot}94;$$

въ дѣйствительности, атомный вѣсъ фтора равенъ 19·0, — согласіе вполнѣ удовлетворительное.

§ 115. Способъ опредѣленія атомныхъ вѣсовъ изъ указанной зависимости

$$\sqrt[3]{A} = \frac{a}{K}$$

имѣетъ слѣдующія ограниченія:

1) въ примѣненіи къ химическимъ элементамъ съ легкими атомными вѣсами. Раньше было уже указано, что константа поглощенія слишкомъ высока для всѣхъ элементовъ перваго періода Менделѣвской системы, начиная отъ водорода и кончая, пожалуй, кислородомъ. Необходимо установить точнѣе константы для каждаго члена этого періода и опредѣлить еще константы поглощенія у бора и бериллія.

2) Въ отношеніи къ тяжелымъ металламъ нельзя еще съ увѣренностью утверждать пригодность уравненія до тѣхъ поръ, пока не будетъ опытно доказано на примѣрахъ Au, Hg, Bi и др. тяжелыхъ металловъ того, что методъ сравнительнаго поглощенія можетъ быть вполнѣ примѣненъ и къ этимъ случаямъ.

Что касается платины, то она, не смотря на свой боль-

шой атомный вѣсъ, не составляетъ исключенія изъ общей зависимости между поглощеніемъ и величиной атомнаго вѣса.

Ниже будетъ доказано, что поглощательная способность платины является вполнѣ нормальной и можетъ быть вычислена изъ ея атомнаго вѣса.

3) Въ примѣненіи къ газамъ аргоновой группы необходимо особенное устройство аппарата для опредѣленія ихъ поглощательной способности въ связи съ величиной атомнаго вѣса.

4) Такъ какъ въ уравненіи $\sqrt[3]{A} = \frac{a}{K}$, атомный вѣсъ является подъ корнемъ въ третьей степени, то ясно, что ошибки въ опредѣленіи поглощательной способности даннаго элемента — a, или постоянной — K, при вычисленіи атомнаго вѣса будутъ возводиться въ кубъ. Точность экспериментальныхъ изслѣдованій величины поглощенія можетъ быть доведена еще и дальше второго десятичнаго знака, но даже и въ этомъ случаѣ атомные вѣса среднихъ химическихъ элементовъ могутъ быть точно вычислены только въ цѣлыхъ числахъ, за десятыя ручаться уже нельзя; а у тяжелыхъ металловъ уже и единицы ихъ атомнаго вѣса будутъ подъ нѣкоторымъ сомнѣніемъ.

5) По нашему личному убѣжденію, уравненіемъ $K = \frac{a}{\sqrt[3]{A}}$ можно пользоваться для опредѣленія порядка атомнаго вѣса, когда необходимо сдѣлать выборъ между тѣми или другими величинами. Законъ Дюлонга и Пти устанавливаетъ приблизительный атомный вѣсъ химическаго элемента, если дана его теплоемкость.

Это хорошо извѣстно на историческомъ примѣрѣ индія[1]). При созданіи своей періодической системы Менделѣевъ натолкнулся на препятствіе: атомный вѣсъ индія по даннымъ анализа хлористаго индія равнялся 76, причемъ хлористому индію придана химическая формула $InCl_2$. Съ такимъ атомнымъ вѣсомъ — 76 индій не могъ быть помѣщенъ въ періодическую систему, такъ какъ между мышьякомъ (75—V-я группа) и селеномъ (79—VI-я группа) нѣтъ лишняго мѣста для

1) J. H. van't Hoff: Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie, drittes Heft (1900), 61.

новаго члена. Менделѣевъ, какъ извѣстно, замѣтилъ, что, принявъ химическую формулу хлористаго индія за $InCl_3$, атомный вѣсъ индія станетъ равнымъ 114 и трехвалентому индію подходитъ свободное мѣсто въ III-ей группѣ между кадміемъ съ одной стороны (112—II-я группа) и оловомъ съ другой (119—IV-я группа).

Когда далѣе Бунзенъ опредѣлилъ удѣльную теплоемкость индія и нашелъ её равной 0·057, то правиломъ Дюлонга и Пти была доказана правильность Менделѣевскаго прогноза. Въ самомъ дѣлѣ, изъ правила Дюлонга и Пти слѣдуетъ:

$$A = \frac{K}{c}$$

гдѣ A — атомный вѣсъ, c — теплоемкость и K нѣкоторая постоянная. Принимая $K = 6.6$, и $c = 0{\cdot}057$, для атомнаго вѣса индія получается величина:

$$A = \frac{6{\cdot}6}{0{\cdot}057} = 115$$

и выборъ между атомными вѣсами индія: 76 и 114 вполнѣ опредѣлился.

Точно въ такомъ же смыслѣ можно пользоваться и уравненіемъ, связывающимъ абсорбцію и атомный вѣсъ. На выводы точнаго атомнаго вѣса по этому уравненію расчитывать нельзя, но можно пользоваться имъ тамъ, гдѣ необходимо установить порядокъ величины атомнаго вѣса.

Въ этомъ направленіи остается сдѣлать еще много работы: во-первыхъ изслѣдованіе аномалій поглощенія легкихъ элементовъ, во-вторыхъ болѣе детальное изслѣдованіе поглощенія электроновъ тяжелыми металлами и, наконецъ, собраніе болѣе точныхъ значеній поглощательной способности элементовъ и групповой константы поглощенія.

Не безинтересно указать, что и по отношенію къ правилу Дюлонга и Пти первые элементы Менделѣевской системы обнаруживаютъ аномаліи.

§ 116. Рѣшимъ обратную задачу, — опредѣлимъ сравнительную поглощательную способность элемента, атомный вѣсъ котораго извѣстенъ. Возьмемъ для примѣра серебро; атомный вѣсъ его 107·88; константа серебра будетъ опредѣляться изъ константъ металловъ первой группы Менделѣевской системы, т. е.:

[Na] . . .	·32
[K] . . .	·36
Cu . . .	·32
Средн.	·33

Отсюда поглощеніе бэта частицъ однимъ граммомъ серебра равно:

$$a = \cdot 33 \sqrt[3]{107 \cdot 88} = 1 \cdot 57$$

Краузеръ [1]) нашелъ $\frac{\lambda}{d}$ для серебра 8·3 и для аллюминія 5.26, гдѣ λ — коэффиціентъ поглощенія бэта лучей урана, а d — плотность вещества. Такъ какъ въ нашемъ методѣ изслѣдованія поглощеніе аллюминія принято за единицу, то, приравнявъ 5·26 къ единицѣ, мы получаемъ для серебра поглощеніе $\frac{8 \cdot 3}{5 \cdot 26} = 1 \cdot 58$, что очень близко къ вычисленной выше величинѣ поглощенія серебромъ.

Сейтцъ [2]) сравнивалъ между собою массы (въ единицу поверхности) у различныхъ металловъ, способныхъ понизить зарядъ бэта частицъ радія до одной и той же опредѣленной величины (зарядъ проходящихъ бэта частицъ воспринимался особой металлической пластинкой, соединенной съ чувствительнымъ электрометромъ). Сейтцъ за единицу сравненія выбралъ олово и для аллюминія и серебра получились значенія 1·56 и 1; эти значенія суть ничто иное, какъ равноэквивалентныя поглощающія массы въ терминахъ аллюминія

1 граммъ олова = 1·56 гр. Al.
1 „ серебра = 1·56 „ „

Такимъ образомъ, совершенно другимъ методомъ — методомъ измѣренія электрическаго заряда — Сейтцъ даетъ величину поглощенія бэта частицъ радія серебромъ равную 1·56, что очень близко опять же къ вычисленной нами 1·57.

Разберемъ еще одинъ примѣръ поглощенія бэта частицъ платиной. Въ опытахъ съ поглощеніемъ бэта частицъ платиной пришлось пользоваться обрѣзками платиновой жести и эти обрѣзки, склеенные изъ разныхъ частей, дали эффектъ поглощенія въ массахъ аллюминія равный 1·60.

1) J. A. Crowther: Phil. Mag. [6], XII, 1906, p. 385.
2) Seitz,: Physik. Zeitschr. V, (1904), p. 395.

Несомнѣнно эта величина поглощенія меньше дѣйствительной. Покажемъ это вычисленіями. Константа поглощенія у металловъ, опредѣляемая изъ отношенія $\frac{a}{\sqrt[3]{A}} = K$, равна ·32—·33, какъ это видно изъ слѣдующаго:

Al . . .	·33
Cu . . .	·32
Zn . . .	·32
Sn . . .	·33
Средн.	·325

Отсюда граммовое поглощеніе платиной будетъ таково: $a = ·325 \sqrt[3]{195} = 1·88$, гдѣ 195 — атомный вѣсъ платины. Эта величина поглощенія 1·88 больше найденной 1·60 и она является дѣйствительной величиной поглощенія платиной. Подтвержденіе этому можно найти у другихъ изслѣдователей:

1) Сейтцъ по методу измѣренія электрическаго заряда бэта частицъ радія, проходящихъ толщи различныхъ металловъ, даетъ для платины величину поглощенія въ массахъ олова 0·84 и для аллюминія 1·56; если 0·84 гр. платины эквивалентны по своей поглощающей способности 1·56 гр. Al, то ясно, что 1 гр. $Pt = \frac{1·56}{0·84} = 1·86$ гр. Al, что очень близко къ вычисленной нами 1·88.

2) Краузеръ по методу іонизаціи опредѣлилъ величину поглощенія бэта частицъ урана платиной и аллюминіемъ въ формѣ коэффиціента поглощенія, дѣленнаго на плотность: $\frac{\lambda}{d}$. Изъ его опытовъ слѣдуетъ:

$$Pt — \frac{\lambda}{d} = 9·4$$

$$\text{и } Al — \frac{\lambda}{d} = 5·26.$$

Отсюда ясно, что поглощающая способность платины больше, чѣмъ у аллюминія въ $\left(\frac{9·40}{5·26}\right) = 1.79$ разъ, что не далеко отъ вычисленнаго нами значенія 1·88 и найденнаго Сейтцемъ 1·86.

§ 117. Въ свое время Сейтцъ [1]) сдѣлалъ попытку сравнить массы различныхъ металловъ, поглощающихъ одинаковое количество бэта лучей радія. Сейтцъ воспользовался для своихъ измѣреній электрическимъ методомъ; сущность его опытовъ состояла въ слѣдующемъ. Бэта лучи радія падаютъ на металлическую пластинку, соединенную съ электрометромъ и мѣра ихъ активности выражается въ электрическихъ единицахъ; если на пути бэта лучей между препаратомъ радія и самой пластинкой, воспринимающей зарядъ, положить листъ какого-нибудь металла, то активность бэта лучей уменьшается на опредѣленную величину; если подобрать толщину листовъ у различныхъ металловъ такъ, что бы всѣ они въ отдѣльности производили тотъ же самый эффектъ активности, тогда само собою получаются сравнительныя массы различныхъ металловъ, обладающихъ равнымъ поглощеніемъ.

Сейтцъ за единицу сравненія выбралъ олово, и для аллюминія получилась тогда величина 1·56. Его данныя ниже (въ таблицѣ LXII, столбецъ 4) перечислены такъ, что за единицу былъ принятъ аллюминій.

Краузеръ [2]) по методу іонизаціи опредѣлилъ у различныхъ химическихъ элементовъ отношеніе $\frac{\lambda}{d}$, гдѣ λ — коэффиціентъ поглощенія и d — плотность элемента. Источникомъ бэта лучей въ опытахъ Краузера былъ препаратъ урана. Изъ данныхъ этого автора вытекаетъ, что для аллюминія указанное выше отношеніе $\frac{\lambda}{d}$ равно 5·26. Если принять эту величину за единицу, тогда для всѣхъ другихъ элементовъ получается величина сравнительнаго поглощенія бэта лучей урана. Перечисленныя данныя приведены въ 3-емъ столбцѣ той же таблицы. Рядомъ съ перечисленными результатами Сейтца и Краузера приведены наши опредѣленія сравнительнаго поглощенія бэта лучей радія химическими элементами (столбецъ 2-ой).

Надо напомнить, что величины сравнительнаго поглощенія, какъ онѣ даны въ таблицѣ LXII, относятся къ од-

1) Seitz: Phys. Zeitschr. V, 1904, 395.

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

ному грамму химическаго элемента, имѣющаго своимъ основаніемъ одинъ квадратный сантиметръ.

Изслѣдованія Краузера относятся къ электронамъ урана, обладающимъ скоростью въ $2{,}31 \times 10^{10}$ см. въ сек. (Шмидтъ), тогда какъ наши опыты относятся къ электронамъ радія, имѣющимъ различныя скорости, колеблющіяся въ широкихъ размѣрахъ отъ $(0{,}6—2{,}28) \times 10^{10}$ сант. въ сек. (Рудзефордъ). Несмотря на это поглощательная способность химическихъ элементовъ почти одинакова какъ для бэта частицъ урана, такъ и радія. Это служитъ косвеннымъ подтвержденіемъ

Табляца LXII.

1	2	3	4
	Бородовскій: β лучи радія; методъ іонизаціи.	Краузеръ: β лучи урана; методъ іонизаціи.	Сейтцъ: β лучи радія; методъ электрическій.
Al	1·00	1·00	1·00
C	·86	·84	·84
Na	·95	·94	
Mg	·91	·97	
Si	1·09	1·04	
S	1·05	1·25	1·16
K	1·23	1·24	
Ca	1·21	1·23	
Ti	1·11	1·18	
Cr	1·10	1·19	
Cu	1·27	1·29	
Zn	1·29	1·32	
Sr	1·42	[1·61]	
Ag	1·57 вычисл.	1·58	1·56
Sn	1·63	1·80	1·56
J	1·35	2·05	
Ba	1·47	[1·67]	
Pt	1·88 вычисл.	1·79	1·86
Pb	2·06	2·06	2·10
H_2O	·956	—	·94

того, что методъ сравнительнаго поглощенія не зависитъ отъ скорости электроновъ, — выводъ, который былъ данъ еще раньше на основаніи изученія константы поглощенія у растворовъ хлористаго натрія.

Изъ данныхъ Сейтца слѣдуетъ, что величина поглощательной способности элементовъ, опредѣленная по методу электрическому почти совпадаетъ съ соотвѣтственными величинами, найденными по методу іонизаціи. Въ общемъ согласіе данныхъ у всѣхъ трёхъ наблюдателей можно считать вполнѣ удовлетворительнымъ. Замѣтно разногласіе въ опредѣленіяхъ величины поглощенія у сѣры, іода.

Для углерода указано значеніе ·86; это значеніе получено изъ опытовъ надъ графитомъ; возможно, что оно нѣсколько выше, потому что изъ опытовъ надъ чистымъ ретортнымъ углемъ получилась величина ·853 которая ближе къ даннымъ Краузера и Сейтца.

Не этимъ ли объясняется тотъ фактъ что въ таблицѣ XL въ ряду ограническихъ соединеній вычисленное молекулярное поглощеніе нѣсколько больше найденнаго изъ опыта, и положительныя ошибки преобладаютъ надъ отрицательными. Возможно, что указанная нами величина атомнаго поглощенія бэта частицъ радія углеродомъ немного болѣе дѣйствительной.

§ 118. Величину сравнительнаго поглощенія бэта лучей какимъ нибудь тѣломъ можно измѣрять двоякимъ путемъ.

Въ стеклянную ячейку вносятъ тѣло и массу его опредѣляютъ взвѣшиваніемъ. Зная площадь основанія всей ячейки, легко вычислить ту массу, которая приходится на квадратную единицу поверхности. Непосредственнымъ измѣреніемъ степени іонизаціи подъ вліяніемъ бэта лучей, проходящихъ черезъ толщу изслѣдуемаго вещества, опредѣляется его поглощательная способность; это — одинъ методъ, — для него не требуется знанія плотности даннаго тѣла, такъ какъ поглощающая масса опредѣляется непосредственнымъ взвѣшиваніемъ.

Другой путь къ измѣренію поглощенія бэта лучей состоитъ въ томъ, что въ послѣдовательно утолщающихся слояхъ ячейки опредѣляютъ сначала высоту поглощающаго слоя, что можно сдѣлать только тогда, если извѣстна плот-

ность тѣла, его масса и площадь ячейки. Опредѣливъ высоту слоя даннаго вещества и его поглощающую способность, нетрудно отъ толщины слоя перейти къ его массѣ, такъ какъ плотность тѣла извѣстна. Это — второй путь для измѣреній величины поглощенія. Оба способа были испробованы въ данномъ сочиненіи.

Непосредственнымъ измѣреніемъ массъ поглощающихъ тѣлъ пользовались для доказательства аддитивныхъ свойствъ поглощенія. Способомъ опредѣленія толщины слоя и послѣдующимъ вычисленіемъ его массы пришлось пользоваться при измѣреніи атомнаго поглощенія бэта лучей химическими элементами.

По настоящему, оба способа должны дать одну и ту же величину сравнительнаго поглощенія бэта лучей массой даннаго тѣла. Но такъ какъ, у многихъ тѣлъ величина плотности опредѣлена не точно (иногда не далѣе второго десятичнаго знака), то ясно, что величины сравнительнаго поглощенія, опредѣленныя по двумъ указаннымъ способамъ для одного и того же тѣла, въ иныхъ случаяхъ не совпадаютъ, — разница, хотя и очень малая, всё же существуетъ.

Глава XV.

Заключеніе.

§ 119. Общіе выводы изъ настоящаго экспериментальнаго изслѣдованія по поглощенію бэта лучей радія сводятся къ слѣдующему.

1) Совершенно независимо отъ коэффиціента поглощенія (λ) можно пользоваться методомъ „сравнительнаго поглощенія“ для изученія явленій прохожденія бэта лучей черезъ матеріальныя тѣла.

Величины сравнительнаго поглощенія выражаются или въ толщинѣ Al. — въ сантиметрахъ, или въ массахъ Al. — въ граммахъ. Методъ сравнительнаго поглощенія одинаково примѣнимъ какъ къ однороднымъ, такъ и неоднороднымъ бэта лучамъ радіоактивныхъ тѣлъ.

2) Поглощеніе бэта лучей въ различныхъ тѣлахъ различной плотности не подчиняется „закону плотностей Ленара“; болѣе плотныя тѣла поглощаютъ бэта лучей больше, чѣмъ это требуется закономъ прямой пропорціональности.

3) Поглощеніе бэта лучей въ растворахъ прямо пропорціонально: a) толщинѣ поглощающаго слоя, b) плотности поглощающей среды и c) массѣ поглощающаго тѣла. (Сравниваемыя поглощающія массы могутъ измѣняться въ своей высотѣ, но основанія ихъ должны быть равны между собою).

4) Величина поглощенія бэта лучей въ растворахъ электролитовъ и неэлектролитовъ опредѣляется массой растворимаго тѣла и не зависитъ отъ физическаго состоянія раствора, т. е. отъ степени диссоціаціи раствора или отъ образованія комплексныхъ молекулъ въ нёмъ.

5) Химическія реакціи не измѣняютъ величины сравнительнаго поглощенія.

6) Поглощеніе бэта лучей тѣлами является аддитивнымъ свойствомъ матеріи (исключеніе — водородъ); поглощеніе молекулярное равно суммѣ атомныхъ поглощеній: $M_a = \Sigma A_a$. (Молекулярныя и атомныя поглощающія массы могутъ измѣняться только въ своей высотѣ, но основанія ихъ должны быть равны).

7) Алотропія химическихъ элементовъ не вліяетъ на величину сравнительнаго поглощенія; поглощеніе бэта лучей опредѣляется внутреннимъ строеніемъ химическаго атома.

8) Величина сравнительнаго поглощенія является періодической функціей атомнаго вѣса химическихъ элементовъ.

9) Зависимость между поглощеніемъ и атомнымъ вѣсомъ ближе всего выражается уравненіемъ:

$$\frac{a}{\sqrt[3]{A}} = K$$

гдѣ a — поглощеніе на одинъ граммъ химическаго элемента, A — атомный вѣсъ и K — нѣкоторая постоянная поглощенія для одной и той же естественной группы химическихъ элементовъ.

10) Предыдущее уравненіе (см. пунктъ 9) даётъ новый способъ опредѣленія атомныхъ вѣсовъ: если извѣстна групповая константа поглощенія — K и величина сравнитель-

наго поглощенія на одинъ граммъ — a, тогда легко вычислить атомный вѣсъ химическаго элемента.

11) Тоже самое уравненіе даётъ возможность вычислить величину сравнительнаго поглощенія на одинъ граммъ — a, если извѣстны атомный вѣсъ элемента и групповая константа поглощенія.

§ 120. Что касается примѣненія сравнительнаго метода къ изученію поглощенія бэта лучей радія, то этотъ вопросъ былъ уже разобранъ авторомъ настоящаго сочиненія на страницахъ англійскаго журнала Phil. Mag [1]). Въ этомъ предварительномъ сообщеніи былъ указанъ способъ опредѣленія величины сравнительнаго поглощенія въ терминахъ Al. и на химическихъ соединеніяхъ были доказаны аддитивныя свойства матеріи въ отношеніи поглощенія электроновъ радія.

Въ настоящее время методъ сравнительнаго поглощенія въ терминахъ Al. примѣняется также и другими изслѣдователями [2]).

Отдѣльныя главы настоящаго сочиненія были предметомъ докладовъ въ засѣданіяхъ нѣкоторыхъ Обществъ.

Въ соединенномъ засѣданіи Физико-Химическаго Общества, 25 Апрѣля 1910 года [3]), главную часть моего доклада („о поглощеніи электроновъ радія“) составляла глава объ аддитивныхъ свойствахъ поглощенія бэта лучей радія химическими соединеніями.

Въ неоффиціальной части засѣданія профессоръ П. И. Вальденъ посовѣтовалъ мнѣ ввести понятія объ атомномъ поглощеніи электроновъ.

Дѣйствительно, съ введеніемъ величины атомнаго поглощенія доказательства аддитивныхъ свойствъ матеріи въ отношеніи поглощенія бэта лучей радія химическими соединеніями пріобрѣтаютъ болѣе простой видъ, нежели въ томъ случаѣ, если пользоваться величиной „граммоваго“ поглощенія. Кромѣ того, величина атомнаго поглощенія является болѣе характернымъ признакомъ для химическаго атома, чѣмъ величина поглощенія для граммъ-массы химическаго

1) W. A. Borodowsky: Phil. Mag. Vol. 19, [6], 1910, 605.
2) Alois Kovarik: Phil. Mag. Vol. 20 [6], 1910, 849.
3) Ж. Р. Ф. Х. О. 42 (1910) выпускъ 4, стр. 725.

элемента съ единицей квадратнаго основанія („граммовое поглощеніе“).

Пользуюсь случаемъ выразить свою благодарность почтенному ученому за его добрый, полезный совѣтъ.

Въ засѣданіи „Общества Естествоиспытателей при Императорскомъ Юрьевскомъ Университетѣ“ [1]) мной были доложены, главнымъ образомъ, отдѣлы, касающіеся зависимости между поглощеніемъ бэта лучей радія съ одной стороны и толщиной, плотностью и массой поглощающей среды — съ другой.

По поводу этого доклада М. Г. Ребиндеръ сдѣлалъ свое сообщеніе [2]), въ которомъ съ помощью математическаго анализа, глубже и полнѣе разобралъ природу экспоненціальнаго уравненія для непрерывныхъ процессовъ и, кромѣ того, разсмотрѣлъ природу функціональной зависимости между толщиной, плотностью и массой вещества — съ одной стороны и поглощеніемъ бэта лучей — съ другой.

Я глубоко признателенъ почтенному докладчику за углубленіе моихъ собственныхъ представленій въ этомъ отдѣлѣ экспериментальныхъ изслѣдованій; однако же не могу согласиться съ тѣмъ пунктомъ доклада, гдѣ предлагается изслѣдовать зависимость между поглощеніемъ бэта лучей и массой вещества по уравненію:

$$a = kdt. \qquad (I)$$

вмѣсто другого уравненія:

$$a = km. \qquad (II)$$

За первымъ уравненіемъ сохраняется то достоинство, что оно является логическимъ слѣдствіемъ двухъ другихъ частныхъ уравненій, устанавливающихъ связь, вопервыхъ, между поглощеніемъ и толщиной слоя при постоянной плотности и, во-вторыхъ, между поглощеніемъ и плотностью при постоянной толщинѣ слоя.

---

1) Сообщеніе В. А. Бородовскаго: „поглощеніе электроновъ радія“. См. Протоколы засѣданія Общества Естествоиспытателей отъ 23-го Сентября 1910 года.

2) Сообщеніе М. Г. Ребиндера: „законы поглощенія электроновъ радія на основаніи экспериментальныхъ работъ В. А. Бородовскаго“. См. протоколы засѣданія Общества Естествоиспытателей отъ 30-го Сентября 1910 года.

Для экспериментальной провѣрки существующей зависимости между поглощеніемъ и массой второе уравненіе въ видѣ $a = km$ несомнѣнно слѣдуетъ предпочесть первому $a = kdt$.

Въ самомъ дѣлѣ, опредѣленіе плотности тѣлъ сопряжено съ бо́льшей потерей времени, чѣмъ непосредственное опредѣленіе массы тѣла; далѣе, точность въ опредѣленіи плотности тѣлъ далеко уступаетъ точности въ опредѣленіи ихъ массы. Пользуясь вѣсами, безъ особенной затраты труда, легко опредѣлить массы поглощающихъ тѣлъ до четвертаго десятичнаго знака; это даетъ надежду и въ опредѣленіяхъ величины сравнительнаго поглощенія добиться точной цифры на третьемъ десятичномъ знакѣ.

Но если пользоваться плотностью тѣлъ для опредѣленія величины сравнительнаго поглощенія, тогда точность опредѣленій не выйдетъ за предѣлы второго десятичнаго знака: вліяніе температуры имѣетъ существенное значеніе на измѣненіе плотности тѣлъ, а поддержаніе опредѣленной температуры при изученіи поглощенія усложнило бы экспериментальныя изслѣдованія.

Мартъ — Ноябрь 1910 года.
Юрьевъ-Лифляндскій.

Abstract.

The method of the „comparative absorption“ has been applied for the study of the absorption of the β-rays of radium by different bodies.

The application of the method is as follows. The activity of β-rays, passing through bodies is measured by the ionization of the air in the β-electroscope. All the activities of the β-rays, after they pass through different bodies, are compared to those activities which are obtained after the β-rays pass through thin sheets of alluminium.

The decrease of activity with increase of thickness of substance was plotted on a large scale on the same paper on which a similar curve for aluminium was drawn.

The values of the absorption are expressed by the thickness of the alluminium in centimetres, or by the mass of it in grammes. (The compared masses of the absorbing bodies ought to have always one and the same areas).

For the comparison of the absorptions of any body with that of alluminium it is absolutely necessary to keep similar experimental conditions.

The method of comparative absorption gives results, which are quite independent of the coefficient of the absorption „λ“ of the β-rays employed. The results obtained should thus hold for any source of β-rays.

The greater the density of the substance, the greater is the absorption of the β-rays passing through it. However no proportion in the variation between the absorption and the

density exist and the „law of density“ does not apply. (Tab. 29, p. 102, column 6, ratio $\frac{a}{d}$, where a is the absorption in cent. of Al. and d — the density of the substances).

The absorption of the β-rays of radium in the solution is exactly proportional:

a) to the thickness of the absorbing layer (Chap. VII, p. 70),

b) to the density of the different solutions of the same body (Chap. VIII, p. 95),

c) and to the concentration of the solution itself (Chap. IX, p. 111).

The absorption in terms of Al. is directly proportional to the mass of matter of one kind traversed.

The solutions of the electrolytes and non-electrolytes were used in the study of the absorption of the β-rays, but the value of the constant of the absorption for each particular substance remained the same throughout, no matter whether in the form dilute or concentrated solutions or even pure substance.

The absorption is proportional to the amount of salt present and does not depend upon its physical state.

Deep chemical changes at the reactions have no influence on the value of the comparative absorption (Chap. X, tabl. 38, p. 141).

The absorption of the β-rays is an „additive property of matter“ (Chap. XI, p. 147).

The absorption by chemical compounds obeys the „additive law:“ $M_a = \Sigma A_a$, where M_a and A_a are molecular and atomic absorptions (grammmolecular and grammatomic absorbing masses ought to have one and the same areas). The regularity of the additive law of absorption is proved by many organic and inorganic compounds (Tabl. XXXIX, p. 150 and tabl. XL, p. 156).

Neither allotropy of the chemical elements, no isomery of organic compounds show any influeuce on the value of the comparative absorption; it depends upon the internal structure of atoms but is independent of the arrangement of the atoms in molecules. (Hydrogen goes outside the limits of the general rule. Chap. XII, p. 151).

The absorption of the β-rays of radium by the chemical elements is a periodical function of atomic weight (Chap. XIII, p. 160).

The electro-negative elements absorb less β-rays than the electro-positive. The reason of this appears in the fact that the β-rays themselves also carry on the negative charges of electricity.

The most suitable equation for expressing the relation between the absorption and the atomic weight is as follows:

$$\frac{a}{\sqrt[3]{A}} = K,$$

where a is the absorption of the β-rays by one gramme of some chemical element with the square base of one centimetre; A — is atomic weight and K is the constant. The value of the constant K for all the chemical elements varies within narrow limits (Tabl. LXI, p. 184). But as regards the elements which enter into one and the same natural group of Mendelejeff's system the variations of the constant K are almost unnoticeable. (Pp. 185—186.)

The above equation gives a new means for the calculation of atomic weights, if the absorption by a chemical element or by its compounds is known.

On the other side the same equation gives the possibility to determine the absorption of the β-rays by one gramme of any element, if the atomic weight and the constant of the absorption are known (Pp. 191—194).

Оглавленіе.

Стр.

Посвященіе 3
Предисловіе 5

Глава I.

Вступленіе.

§ 1. О заглавіи и терминологіи 7
§ 2. Взгляды Кэмпбэлла на поглощеніе бэта лучей растворами . 8
§ 3. Взгляды Краузера на поглощеніе бэта лучей химическими соединеніями 9
§ 4. Поглощеніе бэта лучей съ точки зрѣнія существующихъ теорій о растворахъ 10

Экспериментальная часть.

Глава II.

Методъ іонизаціи газовъ, какъ средство изученія для поглощенія электроновъ.

§ 5. Способы измѣренія активности 13
§ 6. Бэта электроскопъ 14
§ 7. Способы полученія тонкихъ слоевъ жидкости 15
§ 8. Стеклянный клинъ 17
§ 9. Стеклянныя ячейки 19

Глава III.

Методы наблюденія и поправки.

§ 10. Естественная утечка 21
§ 11. Средняя активность и ошибка наблюденія 22
§ 12. Разница въ отчётахъ между первыми и послѣдующими наблюденіями 23
§ 13. Вліяніе барометрическаго давленія и влажности на степень іонизаціи 24
§ 14. Выборъ начальной активности за 100 25

Глава IV.

Бэта лучи.

§ 15. Источникъ бэта лучей, сравненіе со штандартомъ 26
§ 16. Относительныя количества продуктовъ въ семействѣ радія . 27

Стр.
§ 17. Различная проницаемость альфа, бэта и гамма лучей радія . 28
§ 18. Связь бэта и гамма лучей въ явленіяхъ радіоактивнаго распада 29
§ 19. Скорость бэта лучей радія 30
§ 20. Скорость бэта лучей у одного и того же радіоактивнаго продукта 31
§ 21. Коэффиціенты поглощенія являются или мѣрою поглощенія энергіи электроновъ или только ихъ числа 33
§ 22. Зависимость между іонизаціей газовъ и скоростью бэта лучей 34
§ 23. Число бэта частицъ, выбрасываемыхъ изъ препарата радія (·52 млгр.) въ состояніи его радіоактивнаго равновѣсія . . . 35
§ 24. Количество іоновъ, производимыхъ бэта лучами въ воздухѣ . 37
§ 25. Опредѣленіе коэффиціента поглощенія λ 38
§ 26. Коэффиціенты поглощенія однородныхъ и неоднородныхъ бэта лучей 39
§ 27. Одинаковы-ли скорости бэта лучей у одного и того же радіоактивнаго тѣла? 41
§ 28. Поглощеніе бэта частицъ по работамъ Уильсона 43
§ 29. Необходимость приложенія новаго метода для изслѣдованія поглощенія бэта частицъ 44

Глава V.

Отношеніе между бэта и гамма лучами.

§ 30. Уранъ, какъ источникъ бэта лучей и аллюминій, какъ основное вещество для сравненія поглощеній 45
§ 31. Поглощеніе бэта и гамма лучей, какъ средство для опредѣленія процентнаго отношенія между ними 46
§ 32. Поглощеніе бэта и гамма лучей аллюминіемъ 47
§ 33. „ „ „ „ оловомъ 49
§ 34. „ „ „ „ мѣдью 51
§ 35. „ „ „ „ свинцомъ 51
§ 36. Діаграмма зависимости между активностью и толщиной слоя Al, Cu, Sn, Pb 53
§ 37. Опредѣленіе бэта и гамма активности въ начальномъ пучкѣ бэта и гамма лучей радія 54
§ 38. Предѣльная толщина металлическаго слоя для окончательнаго поглощенія бэта лучей радія 56
§ 39. Численныя значенія коэффиціента поглощенія бэта лучей у различныхъ металловъ 57
§ 40. Поглощеніе гомогенныхъ лучей урана оловомъ 59
§ 41. Діаграмма зависимости между активностью бэта лучей урана и толщиной оловянной фольги 61
§ 42. Процентное отношеніе между бэта и гамма лучами радія, прошедшими черезъ стеклянный клинъ или ячейку 62
§ 43. Проницаемость гамма лучей радія въ отношеніи толстыхъ слоевъ растворовъ сѣрной кислоты 64

Глава VI.

Методъ сравнительнаго поглощенія бэта лучей въ терминахъ аллюминія.

Стр.
§ 44. Сущность метода и его примѣненіе 65
§ 45. Методъ сравнительнаго поглощенія не зависитъ отъ скорости бэта частицъ 68

Глава VII.

Поглощеніе бэта лучей радія въ зависимости отъ толщины поглощающаго слоя.

§ 46. Жидкія тѣла поглощаютъ бэта лучи радія аналогично тѣламъ твердымъ 70
§ 47. Сравнительное поглощеніе бэта лучей въ слояхъ Al 70
§ 48. Опредѣленіе толщины слоя раствора въ стекляннномъ клинѣ . 72
§ 49. Поглощеніе бэта лучей въ зависимости отъ толщины слоевъ воды 73
§ 50. Поглощеніе бэта лучей въ зависимости отъ толщины слоевъ раствора $CaCl_2$ 75
§ 51. Діаграмма зависимости между активностью бэта лучей, ихъ поглощеніемъ и толщиной различныхъ слоевъ $CaCl_2$ 77
§ 52. Поглощеніе бэта лучей въ зависимости отъ толщины слоевъ въ растворахъ $SrCl_2$ 79
§ 53. Поглощеніе бэта лучей въ зависимости отъ толщнны слоя въ растворахъ тростниковаго сахара 81
§ 54. Поглощеніе бэта лучей въ зависимости отъ толщины слоя въ растворахъ глицерина 83
§ 55. Поглощеніе бэта лучей въ зависимости отъ толщины слоя въ растворахъ NaCl 85
§ 56. Поглощеніе бэта лучей въ зависимости отъ толщины слоя въ растворахъ KCl 90
§ 57. Поглощеніе бэта лучей въ зависимости отъ толщины слоя въ растворахъ H_2SO_4 90
§ 58. Общій обзоръ главы VII 92

Глава VIII.

Зависимость между поглощеніемъ бэта лучей радія и плотностью поглощающей среды.

§ 59. „Законъ плотностей“ Ленара 95
§ 60. Опредѣленіе плотности растворовъ. 97
§ 61. Зависимость между плотностью тѣлъ и поглощеніемъ бэта лучей радія 100
§ 62. Діаграммы зависимостей между поглощеніемъ бэта лучей радія и плотностью тѣлъ 101
§ 63. Общій обзоръ главы VIII 108

Глава IX.

Зависимость между поглощеніемъ бэта лучей радія и концентраціей растворовъ.

Стр.

§ 64. Относительныя количества воды и соли въ растворахъ разныхъ концентрацій 111
§ 65. Зависимость поглощенія бэта лучей отъ концентраціи въ растворахъ $CaCl_2$ 113
§ 66. Зависимость поглощенія бэта лучей отъ концентраціи въ растворахъ $SrCl_2$ 118
§ 67. Зависимость поглощенія бэта лучей отъ концентраціи въ растворахъ $C_{12}H_{22}O_{11}$ 119
§ 68. Зависимость поглощенія бэта лучей отъ концентраціи въ растворахъ $C_3H_5(OH)_3$ 121
§ 69. Зависимость поглощенія бэта лучей отъ концентраціи въ растворахъ NaCl 124
§ 70. Зависимость поглощенія бэта лучей отъ концентраціи въ растворахъ H_2SO_4 124
§ 71. Сравнительное поглощеніе массъ 126
§ 72. Общій обзоръ зависимости между поглощеніемъ бэта лучей и концентраціей раствора 133
§ 73. Уравненія поглощенія бэта лучей радія при измѣненіи толщины, плотности и концентраціи растворовъ 134
§ 74. Законъ Бэра относительно поглощенія свѣта въ растворахъ 136

Глава X.

Поглощеніе бэта лучей радія не зависитъ отъ физическаго и химическаго состоянія тѣлъ.

§ 75. Опыты смѣшенія различныхъ растворовъ въ стеклянныхъ ячейкахъ 138
§ 76. Вліяніе поверхностнаго натяженія на величину поглощенія бэта лучей при смѣшеніи растворовъ 144
§ 77. Общій обзоръ зависимости между поглощеніемъ бэта лучей радія и физическимъ и химическимъ состояніемъ тѣлъ . . 146

Глава XI.

Поглощеніе бэта лучей радія, какъ аддитивное свойство матеріи.

§ 78. Выборъ элементовъ: C, S, Br и ихъ соединеній: CS_2, CBr_4 . 147
§ 79. Поглощеніе бэта лучей радія углемъ, графитомъ и S; CS_2 и CB_4 въ массахъ (граммахъ) Al 148
§ 80. Доказательство закона аддитивности поглощенія на соединеніяхъ: CS_2, CBr_4 149

Глава XII.

Молекулярное и атомное поглощенія бэта лучей радія.

§ 81. Понятія молекулярнаго и атомнаго поглощеній 151
§ 82. Атомное поглощеніе бэта лучей радія водородомъ 152

Стр.
§ 83. Атомное поглощеніе бэта лучей радія хлоромъ и кислородомъ 153
§ 84. Сравненіе молекулярныхъ поглощеній у дихлоръ-этилена и дибромъ-этилена 153
§ 85. Доказательство аддитивности поглощенія на химическихъ соединеніяхъ по методу молекулярныхъ и атомныхъ поглощеній 154
§ 86. Аномаліи въ поглощеніи бэта лучей водородомъ 157
§ 87. Общіе выводы изъ двухъ послѣднихъ главъ: XI и XII . . 159

Глава XIII.

Поглощеніе бэта лучей радія въ зависимости отъ атомнаго вѣса химическихъ элементовъ.

§ 88. Поглощеніе бэта лучей въ зависимости отъ внутренняго строенія атома, вторичные бэта лучи 160
§ 89. Опредѣленіе атомнаго поглощенія у химическихъ элементовъ, соединенныхъ съ другими элементами 165
§ 90. Таблицы опредѣленія величины поглощенія бэта лучей радія химическими элементами 165
§ 91. Таблицы опредѣленія величиины поглощенія C (углемъ, графитомъ) 166
§ 92. Таблицы опредѣленія величины поглощенія S 168
§ 93. „ „ „ „ CBr_4 169
§ 94. „ „ „ „ $C_{12}H_{22}O_{11}$ . . . 170
§ 95. „ „ „ „ NaCl 171
§ 96. „ „ „ „ KCl 172
§ 97. „ „ „ „ $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ . . 173
§ 98. „ „ „ „ Mg 173
§ 99. „ „ „ „ Ca 174
§ 100. „ „ „ „ Cu 174
§ 101. „ „ „ „ Zn 175
§ 102. „ „ „ „ Sn 175
§ 103. „ „ „ „ J 176
§ 104. „ „ „ „ SiO_2 176
§ 105. „ „ „ „ TiO_2 177
§ 106. „ „ „ „ Cr_2O_3 177
§ 107. „ „ „ „ $CaFl_2$ 178
§ 108. „ „ „ „ CHJ_3 178
§ 109. „ „ „ „ Мочевина . . . 179
§ 110. Графическое изображеніе поглощенія бэта лучей химическими элементами и нѣкоторыми соединеніями въ зависимости отъ толщины слоя 179
§ 111. Таблица поглощенія бэта лучей химическими элементами . 180
§ 112. Зависимость между поглощеніемъ и атомнымъ вѣсомъ . . 182
§ 113. Поглощеніе, какъ періодическая функція атомнаго вѣса . 186
§ 114. Опредѣленіе атомнаго вѣса элементовъ изъ поглощенія бэта лучей 187

Стр.

§ 115. Границы примѣненія уравненія $\frac{a}{\sqrt[3]{A}} = K$ для опредѣленія атомнаго вѣса 188

§ 116. Опредѣленіе величины поглощенія изъ уравненія $\frac{a}{\sqrt[3]{A}} = K$ 190

§ 117. Сравненіе результатовъ поглощенія съ данными другихъ изслѣдователей 193

§ 118. Опредѣленіе величины поглощенія по способу взвѣшиванія и по измѣренію толщины поглощающаго слоя 195

Глава XIV.

Заключеніе.

§ 119. Общіе выводы экспериментальнаго изслѣдованія по поглощенію бэта лучей радія 196

§ 120. Научныя сообщенія изъ отдѣльныхъ главъ настоящаго сочиненія 198

— Abstract (на англійскомъ языкѣ) 201

Замѣченныя опечатки.

Стран.:	Строка:	Напечатано:	Слѣдуетъ читать:
6	5 сверху	добрыя	добрые
16	4 „	аллюминіеву	черезъ аллюминіеву
27	13 „	въ препаратѣ	въ другомъ препаратѣ
„	18 „	Данный	§ 16. Данный
28	14 снизу	продуктомъ	источникомъ
33	1 сверху	§ 20.	§ 21.
„	2 „	энергія всего пучка	энергія движенія бэта частицъ всего пучка
34	10 снизу	сказать	сдѣлать
36	7 „	продуктовъ	продуктами
48	3 сверху	[въ ст.$^{-1}$]	въ см.$^{-1}$
53	21 снизу	части... нанесены	часть... нанесена
72	1 „	bc;	bc.
79	8 „	ac (ac)	(ac)
110	12 „	значенія	значеніе
112	7 „	Aw	aw
135	8 сверху	a=kdt	a=kdt,
145	21 „	изслѣдуемые	изслѣдуемыя
156	XL, B, 3	N... 89	N... 87
„	„ „ 5	O... 89	O... 88
172	10 снизу	слояхъ	слояхъ,
185	5 „	радія,	радія