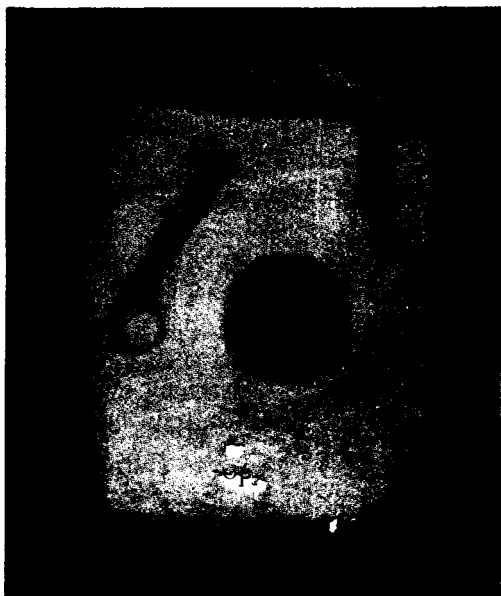


М. Склодовская-Кюри

РАДИЙ И РАДИОАКТИВНОСТЬ

(Recherches sur les Substances radioactives. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris pour obtenir le grade de Docteur ès-sciences-physique)



Полный переводъ съ 2-го французскаго изданія

А. И. Бачинскаго



МОСКВА

Книгоиздательство „Творческая Мысль“

1905

Доволено цензурою. Москва, 18 авг. 1904 года.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Настоящая книга представляетъ одно изъ лучшихъ и наиболѣе обстоятельныхъ изложеній того, что намъ въ настоящее время извѣстно о лучедѣятельныхъ вещахъ.

Ея авторъ, Марія Склодовская (въ замужествѣ Кюри), родилась 7 ноября 1870 года въ Варшавѣ, въ семьѣ педагога. Въ Варшавѣ она получила среднее образованіе, а въ 1891 году направилась въ Парижъ съ цѣлью изученія Математики и Физики. Она имѣетъ степень доктора и званіе *Agrégée de l'Université*. Съ 1897 года она замужемъ за Пьеромъ Кюри, сыномъ парижскаго врача. Пьеръ Кюри родился 15 мая 1859 года, учился въ Парижскомъ Университетѣ, имѣетъ степень доктора *ès-sciences-naturelles* и состоитъ въ настоящее время профессоромъ Парижскаго Университета.

Предлагаемый переводъ слѣланъ съ послѣдняго французскаго изданія. Кромѣ оригинала имѣлся въ виду также нѣмецкій переводъ, принадлежащій извѣстному ученому Кауфману. Отсюда были заимствованы нѣкоторыя дополненія. Кое-что добавлено русскимъ переводчикомъ.

Находящіяся въ концѣ книги примѣчанія представляютъ довольно полную литературу вопроса.

Августъ 1904 года.

Издатели.

ВВЕДЕНИЕ.

Цѣль настоящаго сочиненія — дать обзоръ изслѣдованій надъ радіоактивными веществами, которыя въ теченіе болѣе чѣмъ четырехъ лѣтъ составляютъ предметъ моихъ занятій. Изслѣдованія эти начались съ изученія урановыхъ лучей, открытыхъ г. Бекерелемъ. Результаты, къ которымъ оно меня привело, показали настолько многообъщующими, что г. Кюри *, пріостановивъ свои собственныя работы, присоединился ко мнѣ, и мы вмѣстѣ стали трудиться надъ добываніемъ и подробнымъ изслѣдованіемъ новыхъ радіоактивныхъ веществъ.

Съ самаго начала нашихъ изслѣдованій мы считали своимъ долгомъ доставлять образцы открытыхъ и добытыхъ нами веществъ нѣкоторымъ физикамъ—въ особенности г. Бекерелю, которымъ были открыты урановы лучи. Мы такимъ образомъ облегчили другимъ ученымъ изслѣдованіе новыхъ радіоактивныхъ веществъ.

Вслѣдъ за первыми нашими сообщеніями добываніемъ этихъ веществъ сталъ заниматься также г. Гизель въ Германіи и доставилъ образцы своихъ препаратовъ нѣкоторымъ нѣмецкимъ физикамъ. Затѣмъ эти вещества появились (во Франціи и Германіи) въ продажѣ. Постоянно возрастающая важность предмета вызвала цѣлое научное движеніе: относительно радіоактивныхъ веществъ появились и постоянно появляются многочисленныя ученныя работы. Результаты различныхъ французскихъ и иностранныхъ работъ обнаруживаютъ нѣкоторую неизбежную спутанность—какъ это и естественно по отношенію къ новой, еще образующейся, отрасли знанія. Состояніе вопроса измѣняется чуть ли не ежедневно.

Однакоже съ химической стороны является окончательно установленнымъ одно, а именно существованіе новаго сильно радіоактивнаго элемента—радія. Приготовленіе чистаго хлористаго радія и опредѣленіе атомнаго вѣса радія составляютъ важ-

* Мужъ автора книги. *Перев.*

нѣйшую часть моего личного труда. Этотъ трудъ не только несомнѣнно увеличиваетъ число извѣстныхъ до сихъ поръ простыхъ тѣлъ однимъ новымъ членомъ, обладающимъ весьма любопытными свойствами: здѣсь въ то же время введенъ и оправданъ новый методъ химическихъ изысканій. Этотъ методъ, основанный на радиоактивности, какъ на свойствѣ, присущемъ атому, именно и позволилъ намъ — г. Кюри и мнѣ — открыть радій.

Съ химической точки зрѣнія первоначально поставленный нами вопросъ можетъ считаться рѣшеннымъ; но изслѣдованіе физическихъ свойствъ радиоактивныхъ тѣлъ еще въ полномъ ходу. Хотя и установлены нѣкоторыя важныя положенія, но множество выводовъ носить еще предварительный характеръ. Это не удивительно, если вспомнить о сложности явленій, связанныхъ съ радиоактивностью, и о различіяхъ, существующихъ между различными радиоактивными веществами. Результаты, къ которымъ приходятъ различные физики, занимающіеся этими веществами, постоянно встрѣчаются и перекрещиваются между собой. Стараясь сообразоваться съ непосредственной цѣлью настоящей работы и передать прежде всего мои собственныя изслѣдованія, я все же должна была излагать результаты и другихъ работъ, знать которыя необходимо. Кромѣ того, у меня было желаніе дать этому сочиненію характеръ обзора всего вопроса въ его современномъ состояніи.

Описываемыя здѣсь мои изслѣдованія были выполнены въ лабораторіи «École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris», съ разрѣшенія г. Шюцанберже, покойнаго директора этой школы, и нынѣшняго ея директора г. Лота. Я обязана чрезвычайной благодарностью за оказанное мнѣ этимъ учрежденіемъ благосклонное гостепріимство.

Историческія замѣчанія.

Открытіе явленій радиоактивности стоитъ въ тѣсной связи съ примыкающими къ открытію Рѣнтгеновыхъ лучей изслѣдованіями надъ фотографическимъ дѣйствіемъ фосфоресцирующихъ и флуоресцирующихъ веществъ.

Первыя Рѣнтгеновыя трубки не имѣли металлическаго антикатада; источникомъ Рѣнтгеновыхъ лучей служила подвергнутая дѣйствію катодныхъ лучей стеклянная стѣнка; при этомъ она сильно флуоресцировала. Можно было задаться вопросомъ, не является ли испусканіе Рѣнтгеновыхъ лучей непремѣннымъ спутникомъ флуоресценціи, независимо отъ причины послѣдней. Эту мысль впервые высказалъ г. А. Пуанкаре ¹⁾.

Вскорѣ послѣ этого г. Анри ³⁾ заявилъ, что ему удалось съ помощью фосфоресцирующаго сѣрнистаго цинка получить фотографическія дѣйствія сквозь черную бумагу. Г. Невенгловскій ⁴⁾ получилъ то же явленіе съ помощью сѣрнистаго кальція, подвергнутаго дѣйствию свѣта. Наконецъ г. Тростъ ⁴⁾ получилъ сильное фотографическое дѣйствіе черезъ черную бумагу и чрезъ толстый картонъ съ помощью искусственно приготовленной фосфоресцирующей гексагональной обманки.

Этихъ опытовъ, несмотря на всѣ усилія, не удалось повторить. Поэтому совершенно нельзя считать доказаннымъ, что сѣрнистый цинкъ и сѣрнистый кальцій имѣютъ свойство подѣ дѣйствіемъ свѣта испускать невидимые лучи, которые проникаютъ сквозь черную бумагу и дѣйствуютъ на фотографическую пластинку.

Г. Бекерель ⁵⁾ дѣлалъ аналогичные опыты съ солями урана, въ числѣ которыхъ есть флуоресцирующія. Примѣняя двойную сѣрнокислую соль уранила и калия, онъ получилъ сильныя фотографическія дѣйствія черезъ черную бумагу. Сначала онъ думалъ, что эта (флуоресцирующая) соль играетъ ту же роль какъ сѣрнистый цинкъ или сѣрнистый кальцій въ опытахъ гг. Анри, Невенгловскаго и Троста. Но дальнѣйшіе его опыты показали, что наблюдавшееся явленіе не имѣло никакого отношенія къ флуоресценціи. Соль можетъ совершенно не подвергаться освѣщенію; затѣмъ, всѣ соединенія урана—и флуоресцирующія и не флуоресцирующія—дѣйствуютъ одинаково, а металлическій уранъ—всего сильнѣе. Послѣ того г. Бекерель нашелъ, что урановыя соединенія, сохраняемыя въ совершенной темнотѣ, продолжаютъ дѣйствовать на фотографическую пластинку сквозь черную бумагу въ теченіе цѣлыхъ лѣтъ. Г. Бекерель предположилъ, что уранъ и его соединенія испускаютъ особенные лучи: урановы лучи. Онъ установилъ, что эти лучи проходятъ сквозь тонкія металлическія пластинки и разряжаютъ наэлектризованныя тѣла. Онъ дѣлалъ также опыты, приведшіе его къ заключенію, что урановы лучи отражаются, преломляются и поляризуются.

Работы другихъ физиковъ (Елстера и Гейтеля, лорда Келвина, Шмита, Резерфорда, Битти и Смолуховскаго) подтвердили и расширили результаты изслѣдованій г. Бекереля—за исключеніемъ отраженія, преломленія и поляризаціи урановыхъ лучей. Такимъ образомъ послѣдніе въ этомъ отношеніи сходны съ Рѣнтгеновыми—какъ это было указано сначала г. Резерфордомъ, а затѣмъ и самимъ г. Бекерелемъ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Радиоактивность урана и торія. Радиоактивные минералы.

Лучи Бекереля. — Открытые г. Бекерелемъ урановы лучи дѣйствуютъ на фотографическую пластинку, защищенную отъ дѣйствія свѣта; они проникаютъ черезъ всѣ твердыя, жидкія и газообразныя тѣла, взятыя въ видѣ слоевъ, достаточно тонкихъ. Газы, сквозь которые они проходятъ, начинаютъ въ слабой степени проводить электричество ⁶⁾).

Причина, отъ которой зависятъ эти свойства урановыхъ соединений, совершенно неизвѣстна. Ихъ излученіе представляется самопроизвольнымъ; напряженность его совершенно не убываетъ, если годами хранить урановыя соединения въ полной темнотѣ; слѣдовательно, мы не имѣемъ здѣсь дѣла съ чѣмъ-нибудь въ родѣ возбужденной освѣщеніемъ фосфоресценціи. Самостоятельность и постоянство урановыхъ радіацій представляютъ физическое явленіе, въ высшей степени необычайное. Г. Бекерель ⁷⁾ въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ держалъ кусокъ урана въ темнотѣ и обнаружилъ, что дѣйствіе на фотографическую пластинку за этотъ промежутокъ не измѣнилось замѣтнымъ образомъ. Гг. Елстеръ и Гейтель ⁸⁾ сдѣлали подобный же опытъ съ тѣмъ же результатомъ.

Я измѣряла напряженность урановыхъ лучей, пользуясь ихъ свойствомъ сообщать воздуху электропроводность. Измѣрительный методъ будетъ изложенъ ниже. Полученныя числа свидѣтельствуютъ о неизмѣнности излученія въ предѣлахъ точности опыта, т.-е. до 2—3% ⁹⁾.

При этихъ измѣреніяхъ употреблялась металлическая пластинка, покрытая слоемъ урановаго порошка. Сохранялась она не въ темнотѣ, такъ какъ это обстоятельство, по только что сказанному, не играетъ роли. Число сдѣланныхъ съ этой пластинкой наблюдений весьма велико; въ настоящее время эти измѣренія простираются на пятилѣтній промежутокъ времени.

Затѣмъ стали изслѣдовать, не обнаруживаютъ ли какія-либо инныя вещества такихъ же дѣйствій, какъ урановыя соединения. Сначала

г. Шмитъ ¹⁰⁾ опубликовалъ, что торій и его соединенія имѣютъ то же свойство; аналогичная и одновременная работа, принадлежащая мнѣ, привела къ тому же результату. Я опубликовала ее ¹¹⁾, еще не зная о появленіи работы г. Шмита.

Такимъ образомъ уранъ, торій и ихъ соединенія испускаютъ Бекерелевы лучи. Вещества, обладающія этимъ свойствомъ, я назвала радиоактивными ¹²⁾. Съ тѣхъ поръ это имя стало общепринятымъ.

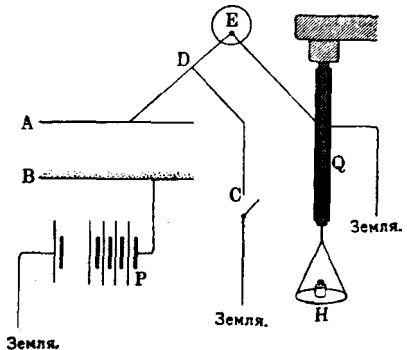
По своимъ фотографическимъ и электрическимъ дѣйствіямъ лучи Бекереля сходны съ Рѣнтгеновыми. Какъ эти послѣдніе, они имѣютъ свойство проникать всѣ тѣла; но проникающая способность ихъ чрезвычайно отлична: лучи урана и торія задерживаются слоемъ твердаго тѣла въ нѣсколько миллиметровъ толщины, въ воздухѣ они распространяются не далѣе чѣмъ на нѣсколько сантиметровъ; это справедливо по крайней мѣрѣ для значительнѣйшей части излученій.

Работы различныхъ физиковъ, въ особенности г. Рѣзерфорда ¹³⁾ показали, что лучи Бекереля не обнаруживаютъ ни правильнаго отраженія, ни преломленія, ни поляризаціи.

Слабая проникающая способность урановыхъ и торіевыхъ лучей давала поводъ сравнивать ихъ скорѣе съ вторичными Рѣнтгеновыми лучами, изслѣдованными Саньякомъ ¹⁴⁾, чѣмъ съ самими лучами Рѣнтгена.

Съ другой стороны, возможна попытка сопоставленія Бекерелевыхъ лучей съ распространяющимися въ воздухѣ катодными лучами (лучами Ленарда). Въ настоящее время мы знаемъ, что всѣ эти сопоставленія законны.

Чер. 1.



Измѣреніе напряженности излученія.—Примѣненный для этого способъ состоитъ въ измѣреніи электропроводности, приобретаемой воздухомъ подъ дѣйствіемъ радиоактивныхъ веществъ. Преимущество этого приѣма состоитъ въ его быстротѣ и въ сравнимости доставляемыхъ имъ числовыхъ результатовъ. Существенная часть употребляющаго здѣсь прибора—плоскій конденсаторъ АВ (черт. 1). Активное вещество, въ видѣ слоя тонкаго порошка помѣщенное на обкладкѣ В, дѣлаетъ воздухъ между обкладками проводящимъ. Для измѣренія его электропроводности сообщаютъ обкладкѣ В высокой потенціалъ, соединяя ее съ полюсомъ батареи маленькихъ аккумуляторовъ Р, дру-

гой полюсъ которой отведенъ къ землѣ. Когда посредствомъ проволоки CD другая обкладка А отведена къ землѣ, между обкладками возникаетъ электрическій токъ. Потенціалъ обкладки А указывается электрометромъ Е. Если прервать въ С сообщеніе съ землей, обкладка А заряжается, и электрометръ даетъ отклоненіе. Скорость отклоненія пропорціональна силѣ тока и можетъ служить для ея измѣренія.

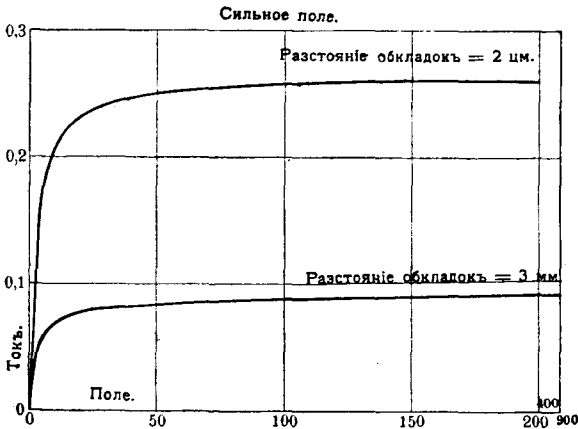
Однакожь предпочтительнѣе производить измѣренія, компенсируя зарядъ обкладки А, такъ чтобы электрометръ оставался на нулѣ. Заряды, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, чрезвычайно слабы; ихъ можно компенсировать пьезоэлектрическимъ дѣйствіемъ кварца Q, одна обкладка котораго сообщается съ пластинкой А, другая—съ землей. Кварцевую пластинку подвергаютъ дѣйствію извѣстной вытягивающей силы, нагружая чашку Н. Тяга приводится въ дѣйствіе мало-по-малу, вслѣдствіе чего во время измѣренія постепенно развивается извѣстное количество электричества. Процессъ этотъ можно регулировать такъ, чтобы компенсация обоихъ количествъ электричества—проходящаго черезъ конденсаторъ и противоположнаго ему, имѣющаго источникъ въ деформации кварца—имѣла мѣсто въ каждый моментъ*. Такъ можно измѣрять въ абсолютной мѣрѣ количество электричества, протекающее черезъ конденсаторъ за данный промежутокъ времени, т.-е. силу тока. Измѣреніе не зависитъ отъ чувствительности электрометра.

Кто продѣлалъ рядъ такого рода измѣреній, тотъ убѣждается, что радиоактивность представляетъ собой явленіе, измѣримое довольно точно. Она мало измѣняется съ измѣненіемъ температуры; колебанія комнатной температуры едва вліяютъ на нее. Не оказываетъ вліянія и освѣщеніе активнаго вещества. Сила тока между обкладками конденсатора возрастаетъ съ увеличеніемъ ихъ поверхности; при данномъ конденсаторѣ и данномъ веществѣ токъ усиливается съ увеличеніемъ разности потенциаловъ обкладокъ, давления газа въ конденсаторѣ, разстоянія обкладокъ (если это разстояніе не слишкомъ велико сравнительно съ ихъ размѣрами). Однако при большихъ разностяхъ потенциаловъ сила тока стремится къ предѣльной величинѣ, которая на практикѣ является постоянной; это—токъ насыщенія или предѣльный токъ. Также при достаточно большомъ разстояніи обкладокъ дальнѣйшее увеличеніе этого разстоянія уже не вліяетъ на силу тока. Сила тока, получаемая при этихъ условіяхъ, при моихъ изслѣдованіяхъ именно и принималась за мѣру радиоактивности, причемъ между обкладками находился воздухъ подъ атмосфернымъ давленіемъ.

* Этого легко достигнуть, если держать грузъ въ рукѣ и медленно опускать его на чашку Н, такъ чтобы электрометръ оставался на нулѣ. Послѣ нѣкотораго упражненія къ этому легко приспособиться. Этотъ приемъ измѣренія слабыхъ токовъ описанъ г. Ж. Кюри въ его докторской работѣ.

Я привожу для примѣра нѣсколько кривыхъ, представляющихъ силу тока, какъ функцию средней силы поля между обкладками, для двухъ различныхъ разстояній обкладокъ. Обкладка В была покрыта

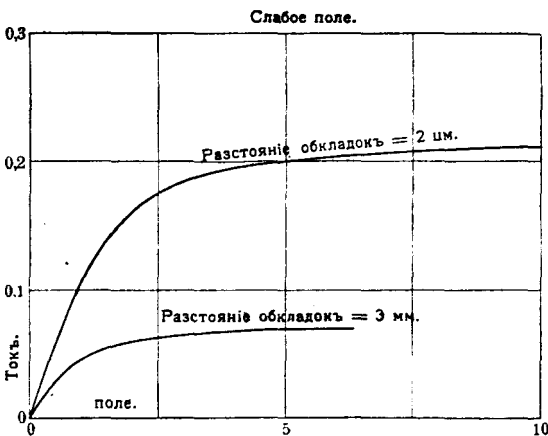
Чер. 2.



тонкимъ слоемъ металлическаго урана въ порошокъ. Сообщенная съ электрометромъ обкладка А была снабжена предохранительнымъ кольцомъ.

Черт. 2 показываетъ, что при большихъ разностяхъ потенциала

Чер. 3.



между обкладками сила тока дѣлается постоянной. Черт. 3, представляющій тѣ же кривыя въ другомъ масштабѣ, содержитъ лишь дан-

ныя для малыхъ разностей потенціала. Въ началѣ кривая прямолинейна; при слабыхъ напряженіяхъ частное отъ дѣленія силы тока на разность потенціаловъ остается постояннымъ, представляя начальную электропроводность. Такимъ образомъ можно различать двѣ важныя постоянныя, характеризующія явленіе: 1) начальную электропроводность для малыхъ разностей потенціала, 2) предѣльную силу тока для большихъ разностей потенціала. Эта вторая величина и была принята за мѣру радиоактивности.

Кромѣ внѣшней разности потенціаловъ обкладокъ, между ними существуетъ еще контактная разность, и токъ вызывается сложениемъ обѣихъ этихъ причинъ; вслѣдствіе этого абсолютная величина тока мѣняется съ перемѣной знака внѣшней разности потенціаловъ. Но при значительныхъ напряженіяхъ вліяніе контактной разности становится ничтожно, и сила тока дѣлается независимой отъ знака поля между обкладками.

Электропроводность воздуха и другихъ газовъ подѣ дѣйствіемъ Бекерелевыхъ лучей была изучаема многими физиками ¹⁵⁾. Одно очень обстоятельное изслѣдованіе этого вопроса было опубликовано г. Рёзерфордомъ ¹⁶⁾.

Законы электропроводности, возбуждаемой въ газахъ Бекерелевыми лучами, тѣ же, что и для лучей Рентгена. Какъ кажется, механизмъ явленія одинаковъ въ обоихъ случаяхъ. Теорія іонизаціи газовъ подѣ дѣйствіемъ лучей Рентгена или Бекереля хорошо согласуется съ наблюдаемыми явленіями. Не излагая ея здѣсь, я упомяну лишь результаты, къ которымъ она приводитъ.

1. Число іоновъ, развивающихся въ газѣ ежесекундно, полагается пропорціональнымъ количеству поглощаемой газомъ лучистой энергіи.

2. Чтобы получить предѣльный токъ, соотвѣтствующій данному излученію, надо во-первыхъ, чтобы это излученіе вполнѣ поглощалось газомъ, что достигается употребленіемъ достаточно большой поглощающей массы; во-вторыхъ, въ явленіи тока должны принимать участіе всѣ возникшіе іоны: это достигается примѣненіемъ настолько сильнаго поля, чтобы число вновь соединяющихся іоновъ составляло лишь ничтожную долю числа іоновъ, возникающихъ за то же время, которые почти сполна уносятся токомъ къ электродамъ. Потребное для этого электрическое поле тѣмъ сильнѣе, чѣмъ сильнѣе іонизація.

По новѣйшимъ изслѣдованіямъ г. Тоунсенда, явленіе усложняется при слабыхъ давленіяхъ ¹⁷⁾. При увеличеніи разности потенціаловъ токъ сначала какъ бы стремится къ постоянному предѣльному значенію; но отъ опредѣленнаго напряженія онъ опять начинаетъ возрастать съ возрастаніемъ поля, и притомъ чрезвычайно

быстро. Г. Тоунсендъ полагаетъ, что это возрастаніе происходитъ отъ новой іонизаціи, производимой самими іонами, когда они подъ вліяніемъ электрическаго поля получаютъ скорость, достаточную для того чтобы, ударяясь въ газовую молекулу, раздробить ее на составляющіе ее іоны. Сильное электрическое поле и слабое давленіе благопріятствуютъ іонизаціи, зависящей отъ наличныхъ іоновъ; и какъ скоро она наступаетъ, сила тока непрерывно возрастаетъ съ увеличеніемъ средней силы поля между обкладками. Такимъ образомъ предѣльный токъ можетъ быть осуществленъ лишь въ томъ случаѣ, если іонизирующая причина не превосходитъ извѣстной величины, такъ что насыщеніе получается при такихъ силахъ поля, при которыхъ іонизація, обусловленная ударами іоновъ, еще не наступила. Это условіе выполняется въ моихъ опытахъ.

При употребленіи конденсатора, обкладки котораго имѣютъ діаметръ въ 8 см. и находятся на разстояніи 3 см., урановыя соединенія даютъ токъ насыщенія, сила котораго представляется величиной того же порядка, что 10^{-11} (одна стобиліонная) ампера. Соединеніе торія даютъ силу тока такого же порядка, и активность окисловъ урана и торія очень сходна.

Радиоактивность соединеній урана и торія.—Вотъ нѣкоторыя числовыя данныя, полученныя изъ моихъ опытовъ надъ урановыми соединеніями; *i* означаетъ силу тока въ амперахъ.

	$i \times 10^{11}$
Металлическій уранъ (съ нѣкоторымъ содержаніемъ углерода)	2.3
Черная окись урана U_2O_5	2.6
Зеленая окись урана U_2O_4	1.8
Гидратъ урановой кислоты	0.6
Урановокислый натрій	1.2
Урановокислый калий	1.2
Урановокислый амоній	1.3
Сѣрнокислый уранъ	0.7
Сѣрнокислая соль уранила и калия	0.7
Азотнокислый ураниль	0.7
Фосфорнокислая соль уранила и мѣди	0.9
Сѣрнокислый ураниль	1.2

Толщина употребляемаго слоя урановаго соединенія играетъ незначительную роль, если этотъ слой является сплошнымъ. Такъ на примѣръ получилось:

	Толщина слоя въ миллиметрахъ	$i \times 10^{11}$
Уранова окись	0.5	2.7
” ”	3.0	3.0
Урановокислый амоній	0.5	1.3
” ”	3.0	1.4

Изъ этого можно заключить, что урановы лучи сильно поглощаются испускающимъ ихъ веществомъ, потому что лучи, происходящiе отъ болѣе глубокихъ слоевъ, не производятъ замѣтнаго дѣйствiя.

Опыты съ соединенiями торiя привели меня ¹⁸⁾ къ такимъ результатамъ:

1. Толщина употребляемаго слоя играетъ значительную роль—особенно въ случаѣ окиси.

2. Явленiе идетъ правильно только тогда, если употребляемый активный слой очень тонокъ (примѣрно $\frac{1}{4}$ мм.). Если слой толстъ (6 мм.), то получаются числа, колеблющiяся въ широкихъ предѣлахъ, особенно въ случаѣ окиси:

	Толщина слоя въ миллиметрахъ	$i \times 10^{11}$
Окись торiя	0.25	2.2
” ”	0.5	2.5
” ”	2.5	4.7
” ”	3.0	5.5 въ среднемъ.
” ”	6.0	5.5 ”
Сѣрноокислый торiй	0.25	0.8

Такимъ образомъ тутъ имѣется какая-то причина неправильностей, отсутствующая въ случаѣ урановыхъ соединенiй. Числа, полученные при слоѣ окиси въ 6 мм. толщины, колеблются между 3.7 и 7.3.

Произведенные мною опыты надъ поглощенiемъ урановыхъ и торiевыхъ лучей показали, что лучи торiя обладаютъ большею проникающей способностью, чѣмъ лучи урана, и что лучи, испускаемые толстымъ слоемъ окиси торiя, являются болѣе проникающими, чѣмъ испускаемые тонкимъ слоемъ ея. Слѣдующая таблица показываетъ, какую долю излученiя пропускаетъ въ разныхъ случаяхъ алюминiевый листокъ въ $\frac{1}{100}$ мм. толщины:

Излучающее вещество	Пропущенная алюминiемъ доля излученiя
Уранъ	0.18
Уранова окись U_2O_3	0.20
Урановокислый амонiй	0.20
Фосфорно-ураново-мѣдная соль	0.21
Окись торiя, толщина 0.25 мм.	0.38
” ” ” 0.5 ”	0.47
” ” ” 3.0 ”	0.70
” ” ” 6.0 ”	0.70
Сѣрноокислый торiй, толщина 0.25 мм.	0.38

Въ случаѣ урановыхъ соединенiй поглощенiе всегда одно и то же—каково бы ни было употребленное соединенiе: это наводитъ на мысль, что различныя соединенiя урана испускаютъ лучи одного и того же рода.

Особенности торіевыхъ излученій сдѣлались предметомъ обстоятельныхъ разысканій. Г. Оуенсъ ¹⁹⁾ показалъ, что постоянный токъ въ закрытомъ аппаратѣ получается лишь спустя довольно долгое время, и что вентиляція значительно ослабляетъ токъ (чего не бываетъ въ случаѣ урановыхъ соединеній).

Г. Рёзерфордъ ²⁰⁾ произвелъ аналогичные опыты и истолковалъ ихъ въ томъ смыслѣ, что торій и его соединенія испускаютъ не только Бекерелевы лучи, но также состоящую изъ чрезвычайно тонкихъ частичекъ эманацию, которая остается радиоактивной въ теченіе нѣкотораго времени послѣ ея образованія и можетъ быть удалена струей воздуха.

Особенности торіевыхъ излученій, относящіяся къ толщинѣ употребляемаго слоя и дѣйствию вентиляціи, тѣсно связаны съ явленіями наведенной радиоактивности и постепеннаго распространенія ея. Это явленіе было въ первый разъ замѣчено для радія и будетъ описано ниже.

Радиоактивность урановыхъ и торіевыхъ соединеній представляется атомнымъ свойствомъ. Уже г. Бекерель ²¹⁾ замѣтилъ, что всѣ соединенія урана активны, и заключилъ, что ихъ активность обусловлена присутствіемъ элемента урана; онъ показалъ также, что уранъ активнѣе своихъ солей. Я изслѣдовала съ этой точки зрѣнія урановы и торіевы соединенія и произвела множество измѣреній ихъ активности при различныхъ условіяхъ. Изъ совокупности этихъ измѣреній выходитъ, что радиоактивность этихъ соединеній дѣйствительно есть атомное свойство. Она представляется здѣсь связанной съ наличностью атомовъ обоихъ рассматриваемыхъ элементовъ и не уничтожается ни перемѣной [физическаго состоянія, ни химическими преобразованіями. Химическія соединенія и смѣси, содержащія уранъ и торій, бываютъ тѣмъ активнѣе, чѣмъ болѣе этихъ металловъ они содержатъ, между тѣмъ какъ всякое неактивное вещество вліяетъ, съ одной стороны, какъ косная подмѣсь, съ другой—поглощаетъ нѣкоторую долю излученій.

Представляетъ ли атомная радиоактивность общее явленіе?—Какъ уже было выше сказано, я стала изслѣдовать, не являются ли радиоактивными и другія вещества кромѣ урановыхъ и торіевыхъ соединеній. При этихъ изысканіяхъ я основывалась на весьма малой вѣроятности того, чтобы радиоактивность, рассматриваемая какъ атомное свойство, была присуща лишь извѣстному виду матеріи, всѣмъ же прочимъ ея видамъ—нѣтъ.

Произведенныя мною измѣренія позволяютъ мнѣ сказать, что для извѣстныхъ въ настоящее время химическихъ элементовъ (включая

наиболѣе рѣдкіе и сомнительные) изслѣдованныя мною въ моемъ апаратѣ ихъ соединенія обнаруживаютъ активность по крайней мѣрѣ въ 100 разъ меньшую, чѣмъ активность металлическаго урана. Я изслѣдовала различныя соединенія элементовъ болѣе распространенныхъ; для болѣе рѣдкихъ тѣлъ подверглись изслѣдованію лишь тѣ соединенія, которыя я могла получить. Вотъ перечень тѣлъ, изслѣдованныхъ въ формѣ элементовъ или въ соединеніяхъ:

1. Всѣ легко доступные металы и металлоиды, также нѣкоторые болѣе рѣдкіе, въ чистомъ видѣ, изъ собранія г. Етара (École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris).

2. Слѣдующія рѣдкія тѣла: галій, германій, неодимъ, празеодимъ, ніобій, скандій, гадолиній, ербій, самарій и рубидій (отъ г. Демарсе); итрій, итербій съ неоербиемъ (отъ г. Юрбена)*.

3. Большое количество горныхъ породъ и минераловъ.

Въ предѣлахъ чувствительности моего аппарата я не нашла никакого другого простого тѣла — кромѣ урана и торія — атомы котораго были бы радиоактивны. Надо однако сказать нѣсколько словъ относительно фосфора. Влажный бѣлый фосфоръ, помѣщенный между конденсаторными обкладками, дѣлаетъ воздухъ между ними проводящимъ²³⁾. Тѣмъ не менѣе я не считаю этого тѣла радиоактивнымъ на подобіе урана и торія. Въ самомъ дѣлѣ, фосфоръ въ этихъ условіяхъ окисляется и свѣтится, между тѣмъ какъ соединенія урана и торія обнаруживаютъ радиоактивность, не подвергаясь никакому химическому преобразованію, которое могло бы быть обнаружено извѣстными средствами. Далѣе, фосфоръ не является активнымъ ни въ формѣ красного видоизмѣненія, ни въ соединеніяхъ.

Недавно г. Блокъ²⁴⁾ показалъ, что фосфоръ, окисляясь на воздухѣ, производитъ іоны, обладающіе весьма слабой подвижностью, сообщающіе воздуху электропроводность и вызывающіе оживленіе водяныхъ паровъ.

Нѣкоторыя новыя работы** могли бы навести на мысль, что радиоактивность (въ очень слабой степени) свойственна всѣмъ веществамъ. Но тождество этихъ весьма слабыхъ явленій съ явленіями атомной радиоактивности еще не можетъ считаться установленнымъ.

Что касается урана и торія, то, какъ извѣстно, эти два элемента

* Я чрезвычайно благодарна поименованнымъ ученымъ за полученные отъ нихъ образчики. Благодарю также г. Муасана, доставившаго мнѣ необходимый для моихъ опытовъ металлическій уранъ.

** Макъ Ленанъ и Бёртонъ, *Phil. Mag.*, Juny 1903.—Стрѣтъ, *ibid.*—Лестеръ Кукъ, *ibid.* Octob. 1903.

обладаютъ наибольшими атомными вѣсами (240 и 232); въ различныхъ минералахъ они часто сопровождаютъ другъ друга.

Радиоактивные минералы.—Въ своемъ аппаратѣ я подвергла изслѣдованію различные минералы *. Нѣкоторые изъ нихъ оказались активными, между прочими смоляная обманка (pechblende), халколитъ, отѣнить, монацитъ, торитъ, оранжитъ, фергусонитъ, клеветъ и т. д. Слѣдующая табличка содержитъ величины тока i (въ амперахъ) для металлическаго урана и для различныхъ минераловъ:

	$i \times 10^{11}$		$i \times 10^{11}$
Уранъ	2.3	Различные ториты	$\left\{ \begin{array}{l} 1.3 \\ 1.4 \end{array} \right.$
Смоляная обманка изъ Юангеоргенштата	8.3	Оранжитъ	2.0
Смоляная обманка изъ Юахимстала .	7.0	Монацитъ	0.5
" " " Пжибрама .	6.5	Ксенотимъ	0.03
" " " Корнуелза .	1.6	Есхинитъ	0.7
Клеветъ	1.4	Фергусонитъ (два образчика) .	$\left\{ \begin{array}{l} 0.4 \\ 0.1 \end{array} \right.$
Халколитъ	5.2	Самарскитъ	1.1
Отѣнить	2.7	Ниобитъ (два образчика)	$\left\{ \begin{array}{l} 0.1 \\ 0.3 \end{array} \right.$
Различные ториты	$\left\{ \begin{array}{l} 0.1 \\ 0.3 \\ 0.7 \end{array} \right.$	Танталитъ	0.02
		Карнититъ **	6.2

Въ случаѣ оранжита (минераль, содержащій торіеву окись) токъ сильно мѣнялся въ зависимости отъ толщины слоя; при измѣненіи ея отъ $\frac{1}{4}$ до 6 мм. токъ увеличивался съ 1.8 до 2.3 стобиліонныхъ долей ампера.

Всѣ минералы, оказавшіеся радиоактивными, содержатъ уранъ или торій—поэтому самый фактъ активности ихъ не можетъ удивлять; но для нѣкоторыхъ веществъ явленіе обнаруживаетъ неожиданно большую интенсивность. Такъ, нѣкоторыя смоляныя обманки (минераль, содержащій уранову окись) вчетверо активнѣе металлическаго урана. Халколитъ (кристаллическая фосфорно-ураново-мѣдная соль $(\text{PO}_4)^2(\text{UO}_2)_2\text{Cu} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) вдвое активнѣе урана. Отѣнить (фосфорно-ураново-кальціева соль) активенъ въ той же степени какъ уранъ. Эти факты оказались въ противорѣчій съ предыдущими соображеніями, согласно которымъ никакой минераль не долженъ бы оказываться болѣе активнымъ, чѣмъ уранъ и торій.

* Много образцовъ любезно доставилъ въ мое распоряженіе г. Лакруа изъ музейскаго собранія.

** Карнититъ—минераль, состоящій изъ ванадіекислаго урана, недавно открытый Фриделемъ и Кюманжемъ.

Для разъясненія этого вопроса я приготовила по методу Дебре²⁴⁾ искусственный халколитъ изъ чистыхъ веществъ. Способъ Дебре состоитъ въ смѣшеніи раствора азотнокислаго уранила съ растворомъ фосфорнокислой мѣди въ фосфорной кислотѣ и нагрѣваніи до 50°—60°. Спустя нѣсколько времени въ жидкости образуются кристалы халколита. Приготовленный такимъ путемъ халколитъ обладаетъ вполне нормальной активностью, отвѣчающей его составу: она въ 2¹/₂ раза меньше активности урана.

Поэтому стало весьма вѣроятнымъ предположеніе, что смоляная обманка, халколитъ, отѣнить обязаны своей сильной активностью присутствію небольшого количества какой-то сильно радиоактивной примѣси, отличной отъ урана, торія и другихъ извѣстныхъ простыхъ тѣлъ. Если это такъ, то—считала я—можно надѣяться обыкновенными приемами аналитической химіи извлечь изъ минерала это вещество.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Новыя радіоактивныя вещества.

Приемы изслѣдованія. — Изложенные въ предыдущей главѣ результаты изученія радіоактивныхъ минераловъ побудили г. Кюри и меня попытаться извлечь изъ смоляной обманки новое радіоактивное вещество. Экспериментальный методъ, которымъ намъ предстояло пользоваться, долженъ былъ быть основанъ только на радіоактивныхъ свойствахъ гипотетическаго вещества, ибо никакихъ другихъ признаковъ его мы не знали. Вотъ какъ можно пользоваться радіоактивностью для подобныхъ изслѣдованій: измѣривъ активность препарата, подвергаютъ его химическому раздѣленію; затѣмъ, измѣряя активность каждаго изъ полученныхъ продуктовъ, узнаютъ, перешло ли радіоактивное вещество сполна въ одинъ изъ нихъ или же оно распредѣлилось между ними въ нѣкоторомъ отношеніи. Мы имѣемъ здѣсь аналитическое средство, въ нѣкоторомъ отношеніи сравнимое съ спектральнымъ анализомъ. Для полученія сравнимыхъ между собой результатовъ слѣдуетъ испытывать активность веществъ въ твердомъ и сухомъ состояніи.

Полоній, радій, актиній. — Примѣняя этотъ способъ къ анализу смоляной обманки, мы установили присутствіе въ этомъ минералѣ двухъ химически отличныхъ другъ отъ друга сильно радіоактивныхъ веществъ: полонія, открытаго нами, и радія—открытаго нами въ сотрудничествѣ съ г. Бемонемъ²⁵).

Полоній въ химико-аналитическомъ отношеніи представляетъ вещество, родственное висмуту, и сопровождаетъ его при раздѣленіяхъ. Висмутъ, все болѣе богатый полоніемъ, получается въ результатѣ одного изъ слѣдующихъ фракціонировочныхъ процессовъ:

1. Возгонка сѣрнистыхъ соединеній въ пустоту; активное сѣрнистое соединеніе гораздо болѣе летуче, чѣмъ сѣрнистый висмутъ.

2. Осаждение азотнокислыхъ растворовъ водою; выпадающее азотистое соединеніе много активнѣе, чѣмъ соль, остающаяся въ растворѣ.

3. Осаждение сѣроводородомъ очень кислаго хлористоводороднаго раствора. Выпадающія сѣрнистыя соединенія значительно болѣе активны, чѣмъ соль, остающаяся въ растворѣ.

Радій является спутникомъ извлеченнаго изъ смоляной обманки барія; по реакціямъ онъ сходенъ съ баріемъ; можетъ быть отдѣленъ отъ послѣдняго благодаря различной растворимости хлористыхъ соединеній въ чистой водѣ или въ водѣ, содержащей спиртъ или соляную кислоту.

Мы достигаемъ раздѣленія хлористыхъ соединеній барія и радія, подвергая ихъ смѣсь дробной кристаллизаціи, причемъ хлористый радій менѣе растворимъ, чѣмъ хлористый барій.

Третье сильно радиоактивное вещество было найдено въ смоляной обманкѣ г. Дебьерномъ, который назвалъ его актиніемъ*. Актиній сопровождаетъ нѣкоторыя тѣла, содержащіяся въ смоляной обманкѣ и принадлежащія къ группѣ желѣза. Онъ представляется нарочито родственнымъ торію, отъ котораго еще нельзя было его отдѣлить. Извлеченіе актинія изъ смоляной обманки представляетъ очень тяжелую работу; раздѣленія идутъ вообще несовершенно.

Всѣ три новыя радиоактивныя вещества находятся въ смоляной обманкѣ въ ничтожно-малыхъ количествахъ. Чтобы получить ихъ въ концентрированномъ видѣ, мы должны были обработать нѣсколько тоннъ остатковъ урановыхъ минераловъ. Первая, грубая обработка выполняется на фабрикѣ; затѣмъ идетъ хлопотливый процессъ очистокъ и концентрацій. Такимъ образомъ намъ удалось извлечь изъ нѣсколькихъ тысячъ килограммовъ исходнаго продукта нѣсколько дециграммовъ веществъ, активность которыхъ огромна сравнительно съ активностью минерала, изъ котораго они добыты. Понятно, что вся эта работа требуетъ большой затраты труда, времени и денегъ**.

* Compt. rend., octobre 1899, avril 1900.

** Мы чрезвычайно обязаны всѣмъ, пришедшимъ къ намъ на помощь въ этой работѣ. Гг. Маскара и Мишеля Леви мы искренно благодаримъ за благосклонное содѣйствіе. Благодаря любезному посредничеству г. проф. Зюса, австрійское правительство любезно предоставило въ наше распоряженіе первую тону минеральныхъ остатковъ (изъ Юахимсталля въ Богеміи). Академія Наукъ въ Парижѣ, Общество Поощренія Национальной Промышленности и анонимный жертвователь лали намъ средства для обработки нѣкотораго количества вещества. Нашъ другъ, г. Дебьернъ, устроилъ обработку минерала на фабрикѣ, принадлежащей Société centrale de Produits chimiques. Это Общество выразило готовность выполнять обработку

Вслѣдъ за нашими работами были опубликованы извѣстія о другихъ радиоактивныхъ веществахъ. Г. Гизель ²⁶⁾ съ одной стороны, гг. Гофманъ и Штраусъ ²⁷⁾ съ другой сообщили, что вѣроятно существуетъ радиоактивное вещество, въ химическомъ отношеніи родственное свинцу. Однако объ этомъ веществѣ еще мало извѣстно.

Изъ всѣхъ этихъ новыхъ радиоактивныхъ веществъ до сихъ поръ одинъ только радій былъ приготовленъ въ видѣ чистой соли.

Спектръ радія.—Было чрезвычайно важно всѣми возможными способами проверять сдѣланную при этой работѣ гипотезу о существованіи новыхъ радиоактивныхъ элементовъ. Для радія она вполне подтверждается спектральнымъ анализомъ.

Г. Демарсе выразилъ готовность выполнить этотъ анализъ по точному способу, примѣненному имъ къ изученію сфотографированныхъ искровыхъ спектровъ. Для насъ была чрезвычайно цѣнна поддержка столь свѣдущаго ученаго, и мы глубоко благодарны ему за его трудъ. Полученные имъ результаты дали намъ увѣренность въ то время, когда мы еще сомнѣвались въ правильности нашей теоріи*.

Первые образцы умѣренно активнаго хлористаго барія съ содержаніемъ радія, изслѣдованные Демарсе, обнаружили вмѣстѣ съ спектромъ барія новую линію въ ультрафіолетовой части, соответствующую длинѣ волны=381.47 мμ (миліонныхъ долей милиметра). Полученные затѣмъ болѣе активные препараты дали ту же линію въ болѣе сильной степени; одновременно появились другія новыя линіи, по интенсивности сравнимыя съ линіями барія. Дальнѣйшая концентрація дала продуктъ, у котораго новый спектръ преобладалъ; три еще замѣтныя наиболѣе сильныя баріевы линіи указывали на присутствіе этого металла въ видѣ ничтожной примѣси. Такимъ образомъ этотъ продуктъ можно было считать почти за чистый хлористый радій. Наконецъ новой очисткой мнѣ удалось приготовить чрезвычайно чистый хлористый радій, въ спектрѣ котораго двѣ главныя линіи барія были еле замѣтны.

Слѣдующая табличка даетъ по Демарсе ²⁸⁾ главныя линіи радія

даромъ. Всѣмъ этимъ лицамъ и учрежденіямъ мы выражаемъ искреннюю благодарность.

Въ послѣднее время Академія Наукъ предоставила намъ 20000 франковъ для добыванія радиоактивныхъ веществъ. На эти деньги мы были въ состояніи обработать пять тоннъ минерала.

* Недавно мы имѣли несчастье потерять этого выдающагося ученаго, скончавшагося за изящными изслѣдованіями рѣдкихъ земель. Его спектроскопическіе методы заслуживаютъ величайшаго удивленія по совершенству и точности. Мы сохраняемъ теплое воспоминаніе о выдающейся любезности, съ какой онъ принялъ участіе въ нашей работѣ.

для части спектра, заключенной въ предѣлахъ отъ 500 до 350 миллионныхъ долей миллиметра (μ). Интенсивность каждой линіи указана числомъ, причеъ интенсивность самой яркой линіи принята за 16.

Длина волны	Интенсивность	Длина волны	Интенсивность	Длина волны	Интенсивность
482.63	10	468.30	14	434.06	12
472.69	5	464.19	4	381.47	16
469.98	3	453.35	9	346.96	12
469.21	7	443.61	8		

Всѣ линіи отчетливы и тонки; три линіи 381.47, 468.30, 434.06—ярки, онѣ имѣютъ интенсивность одинаковую съ сильнѣйшими извѣстными въ настоящее время линіями. Далѣе въ спектрѣ замѣчаются двѣ интенсивныя размытыя полосы. Первая, симметричная, простирается отъ 463.10 до 462.19, съ максимумомъ при 462.75; вторая, болѣе интенсивная, ступовываается къ ультрафіолетовой части: она начинается вдругъ при 446.37, имѣетъ максимумъ при 445.52; область максимума тянется до 445.34, а затѣмъ идетъ размытая полоса, которая, постепенно ослабляясь, достигаетъ 439.

Въ менѣе преломляемой, не сфотографированной части искрового спектра замѣчается единственная линія, приблизительно при 566.5; однако она много слабѣе въ сравненіи съ 482.63.

По общему виду спектръ аналогиченъ съ спектрами щелочно-земельныхъ металовъ, состоящими—какъ извѣстно—изъ яркихъ линій и нѣсколькихъ размытыхъ полосъ.

По Демарсе, радій можетъ быть причисленъ къ тѣламъ, для которыхъ спектральный анализъ въ особенности чувствителенъ. По ходу моихъ работъ я могла заключить, что въ первомъ препаратѣ, ясно обнаружившемъ линію 381.47, содержаніе радія было еще очень мало (быть можетъ 0.02 процента). Чтобы получить фотографическимъ путемъ спектръ съ явственно замѣтной главной линіей радія, надо было употребить препаратъ, который въ 50 разъ активнѣе металлическаго урана. Между тѣмъ съ помощью чувствительнаго электрометра можно установить радиоактивность продукта, который въ 100 разъ слабѣе металлическаго урана. Отсюда ясно, что для засвидѣтельствованія присутствія радія радиоактивность является средствомъ, въ нѣсколько тысячъ разъ болѣе чувствительнымъ, чѣмъ спектральный анализъ.

Сильно активные: висмутъ - полоній и торій - актиній, испытанные Демарсе, дали только висмутовы и торіевы линіи.

Г. Гизель ²⁹⁾, который также занимался приготовленіемъ радія, сообщаетъ, что бромистый радій окрашиваетъ пламя въ кармино-красный цвѣтъ. Пламенный спектръ радія содержитъ двѣ красивыя

красныя полосы, одну линію въ синезеленомъ и двѣ слабыя линіи въ фіолетовомъ.

Извлеченіе новыхъ радіоактивныхъ веществъ.—Первая часть процесса состоитъ въ выдѣленіи изъ урановыхъ минераловъ барія, содержащаго радій, висмута, содержащаго полоній, и рѣдкихъ земель, содержащихъ актиній. Получивъ эти три первыхъ продукта, стараются изъ каждаго изъ нихъ изолировать новое радіоактивное вещество: эта вторая часть процесса осуществляется фракціонированіемъ. Какъ извѣстно, бываетъ трудно найти средство къ совершенному раздѣленію двухъ очень сродныхъ элементовъ. Поэтому фракціонировочные методы здѣсь неизбѣжны. Кромѣ того, если какой-нибудь элементъ примѣшанъ къ другому лишь въ самомъ ничтожномъ количествѣ, то мы вообще не можемъ примѣнить методъ полного раздѣленія, даже если бы мы его знали: въ самомъ дѣлѣ, при этой операціи мы рисковали бы вовсе потерять слѣды вещества, подлежащаго отдѣленію.

Я занималась спеціально отдѣленіемъ радія и полонія. Послѣ нѣсколькихъ лѣтъ работы я достигла цѣли относительно одного перваго.

Такъ какъ смоляная обманка принадлежитъ къ дорогимъ минераламъ, то мы отказались отъ обработки большихъ количествъ ея. Въ Европѣ этотъ минералъ добывается на Іоакимстальскихъ рудникахъ въ Богеміи. Измельченный минералъ обжигаютъ съ содой и полученный продуктъ выщелачиваютъ сначала въ горячей водѣ, затѣмъ въ разведенной сѣрной кислотѣ. Растворъ содержитъ уранъ, отъ котораго зависитъ цѣнность руды. Нерастворимый остатокъ отбрасывается. Этотъ остатокъ содержитъ радіоактивныя вещества; его активность въ $4\frac{1}{2}$ раза превышаетъ активность металлическаго урана. Австрійское правительство, которому принадлежатъ рудники, любезно предоставило намъ тону этого остатка для нашихъ изслѣдованій и дозволило заводу доставить намъ еще нѣсколько тоннъ.

Было вовсе не легко подвергнуть этотъ остатокъ лабораторному процессу на фабрикѣ. Г. Дебіернъ взялъ на себя изученіе этого вопроса и устройство фабричной обработки. Важнѣйшая стадія предложеннаго имъ способа состоитъ въ превращеніи сѣрнокислыхъ соединений въ углекислыя путемъ кипяченія вещества въ концентрированномъ растворѣ соды. Это позволяетъ избѣжать плавленія съ содой.

Остатокъ содержитъ главнымъ образомъ сѣрнокислыя соли свинца и кальція, затѣмъ кремній, алюминій и окись желѣза. Кромѣ того здѣсь въ большемъ или меньшемъ количествѣ содержатся почти всѣ металы (мѣдь, висмутъ, цинкъ, кобальтъ, марганецъ, никель, ванадій, сурьма, талій, рѣдкія земли, ніобій, танталъ, мышьякъ, барій и т. д.). Радій

входитъ въ эту смѣсь въ видѣ сѣрнокислаго соединенія, и эта соль является здѣсь наименѣе растворимой. Чтобы растворить ее, надо по возможности устранить сѣрную кислоту. Для этого сначала обрабатываютъ остатокъ кипящимъ крѣпкимъ растворомъ ѣдкаго натра. Соединенный съ свинцомъ, алюминіемъ и кальціемъ радикалъ сѣрной кислоты переходитъ большею частью въ растворъ, образуя сѣрнокислый натрій, удаляемый промываніемъ водой. Щелочной растворъ удаляетъ вмѣстѣ съ тѣмъ свинецъ, кремній и алюминій. Нерастворимая часть промывается водой и обрабатывается обыкновенной соляной кислотой. Эта операція ведетъ къ полному расчлененію вещества и растворяетъ значительную часть его. Изъ этого раствора можно выдѣлить полоній и актиній: первый осаждается сѣроводородомъ, второй находится въ гидратахъ, осаждаемыхъ изъ раствора аміакомъ послѣ того какъ растворъ освобожденъ отъ сѣрнистыхъ соединеній и окисленъ. Что касается радія, то онъ остается въ нерастворенной части. Эта часть промывается водой, затѣмъ обрабатывается крѣпкимъ кипящимъ растворомъ соды. Если до сихъ поръ оставались нетронутыми лишь немногія сѣрнокислыя соли (баріева), то этой операціей достигается полное превращеніе ихъ въ углекислыя. Затѣмъ тщательно промываютъ продуктъ водой и обрабатываютъ соляной кислотой, которая должна быть совершенно свободна отъ сѣрной кислоты. Растворъ, который содержитъ радій вмѣстѣ съ полоніемъ и актиніемъ, фильтруется и осаждается сѣрной кислотой. Получаются неочищенные сѣрнокислыя соединенія барія, содержащаго радій, гдѣ присутствуютъ также кальцій, свинецъ, желѣзо и небольшое количество актинія. Растворъ содержитъ еще немного актинія и полонія, которые могутъ быть извлечены такъ же, какъ изъ перваго солянокислаго раствора.

Изъ тоны урановыхъ остатковъ получается около 10—20 килогр. неочищенныхъ сѣрнокислыхъ соединеній, активность которыхъ въ 30—60 разъ превышаетъ активность металлическаго урана. Послѣ этого переходятъ къ ихъ очисткѣ. Для этого ихъ кипятятъ съ содой и переводятъ въ хлористыя соединенія. Растворъ обрабатывается сѣроводородомъ: при этомъ получается небольшое количество активныхъ сѣрнистыхъ соединеній, содержащихъ полоній. Растворъ фильтруютъ, окисляютъ дѣйствіемъ хлора и осаждаютъ чистымъ аміакомъ. Осажденные окислы и гидраты сильно активны: это зависитъ отъ присутствующаго актинія. Профильтрованный растворъ осаждается содой. Осажденные углекислыя соли щелочныхъ земель промываются и переводятся въ хлористыя соединенія, которыя выпариваются до-суха и промываются крѣпкой чистой соляной кислотой. Хлористый кальцій растворяется почти сполна, въ то время какъ хлористый барій, содер-

жашій радій, остается нераствореннымъ. Такъ изъ тоны исходнаго продукта получается около 8 килогр. хлористаго барія, содержащаго радій и активнаго примѣрно въ 60 разъ болѣе, чѣмъ металлическій уранъ. Наконецъ это хлористое соединеніе подвергается фракціонированію.

Полоній.—Какъ уже выше было сказано, обработка различныхъ попутно получаемыхъ солянокислыхъ растворовъ сѣроводородомъ ведетъ къ осажденію активныхъ сѣрнистыхъ соединеній, активность которыхъ зависитъ отъ присутствія полонія. Эти сѣрнистыя соединенія содержатъ главнымъ образомъ висмутъ, немного мѣди и свинца; послѣдній содержится въ маломъ количествѣ, такъ какъ онъ по большей части удаленъ ѣдкимъ натромъ, и такъ какъ хлористое соединеніе его слабо растворимо. Сурьма и мышьякъ (въ формѣ окисей) содержатся лишь въ минимальномъ количествѣ, такъ какъ ихъ окиси растворены ѣдкимъ натромъ. Чтобы получить отсюда сильно активныя сѣрнистыя соединенія, употреблялся такой способъ. Сильно подкисленные хлористоводородные растворы осаждались сѣроводородомъ; выпадающія при этомъ сѣрнистыя соединенія сильно активны: ими пользуются для приготовленія полонія. Въ растворѣ остаются вещества, которыя въ присутствіи избытка соляной кислоты не осаждаются вполне (висмутъ, свинецъ, сурьма). Чтобы довершить осажденіе, разбавляютъ растворъ водой, снова обрабатываютъ его сѣроводородомъ и получаютъ новое количество сѣрнистыхъ соединеній, которыя гораздо менѣе активны, чѣмъ первыя, и которыя обыкновенно отбрасывались. Для дальнѣйшей очистки сѣрнистыхъ соединеній ихъ промываютъ сѣрнистымъ амоніемъ, чѣмъ устраняются остальные слѣды сурьмы и мышьяка. Затѣмъ ихъ промываютъ водой съ примѣсью азотнокислаго амонія и обрабатываютъ разведенной азотной кислотой.

Раствореніе никогда не происходитъ до конца; во всѣхъ случаяхъ получается болѣе или менѣе значительная масса нераствореннаго остатка; его по желанію можно еще подвергнуть обработкѣ. Растворъ выпаривается до небольшого объема и осаждается амиакомъ или большой массой воды. Въ томъ и другомъ случаѣ въ растворѣ остаются свинецъ и мѣдь; во второмъ—также немного почти неактивнаго висмута.

Осадокъ, состоящій изъ окисей или азотистыхъ соединеній, подвергается фракціонировкѣ въ слѣдующемъ порядкѣ: его растворяютъ въ азотной кислотѣ и къ раствору приливаютъ воды до образованія достаточнаго количества осадка. При этомъ слѣдуетъ имѣть въ виду, что иногда осадокъ образуется только спустя нѣсколько времени. Его отдѣляютъ отъ остающейся жидкости и снова растворяютъ въ

азотной кислотѣ; обѣ полученныя такимъ образомъ жидкія порціи снова подвергають осажденію водой и такъ далѣе. Порціи съ одинаковой степенью активности соединяють вмѣстѣ, стараясь какъ можно болѣе усилить концентрацію. Такъ получается небольшое количество вещества, котораго активность чрезвычайно велика, но которое до сихъ поръ давало при спектральномъ изслѣдованіи только линіи висмута.

Къ сожалѣнію, мало вѣроятности добиться изоляціи полонія этимъ способомъ. Описанный фракціонировочный методъ представляетъ большія трудности, и то же самое относится ко всякой фракціонировкѣ, производимой мокрымъ путемъ. Какой бы процессъ ни примѣнять, всегда очень легко образуются соединенія, абсолютно нерастворимыя ни въ слабыхъ ни въ крѣпкихъ кислотахъ. Эти соединенія могутъ быть растворены лишь если предварительно перевести ихъ въ металлическое состояніе — на примѣръ, сплавляя съ ціанистымъ калиемъ. Такъ какъ число необходимыхъ операцій и безъ того уже значительно, то это обстоятельство представляетъ чрезвычайное затрудненіе для успѣшности фракціонировки; это неудобство тѣмъ серьезнѣе, что полоній, однажды отдѣленный отъ урановой руды, постепенно теряетъ активность. Впрочемъ, эта потеря активности происходитъ медленно: такъ на примѣръ образчикъ азотнокислаго висмута, содержащаго полоній, утратилъ въ теченіе 11 мѣсяцевъ только половину своей активности.

Радій не представляетъ никакихъ затрудненій этого рода. Радиоактивность остается здѣсь надежнымъ путеводителемъ при концентраціи; самая концентрація не представляетъ трудностей, и прогрессъ работы съ самаго начала можетъ быть постоянно контролируемъ спектральнымъ анализомъ.

Когда стали извѣстны описываемыя ниже явленія наведенной активности, то показалось естественнымъ предположеніе, что полоній, дающій лишь спектральныя линіи висмута и утрачивающій свою активность съ теченіемъ времени, не является новымъ элементомъ, а представляетъ собою висмутъ, получившій наведенную активность благодаря сосѣдству съ радіемъ въ урановой рудѣ. Я не увѣрена въ правильности этого взгляда. Въ теченіе моей продолжительной работы надъ полоніемъ я наблюдала химическія дѣйствія, которыхъ не обнаруживаетъ ни обыкновенный висмутъ, ни висмутъ, получившій активность отъ радія. Эти химическіе эффекты заключаются прежде всего въ чрезвычайно легкомъ образованіи нерастворимыхъ соединеній, о которыхъ говорено было выше (въ особенности солей азотистой кислоты), затѣмъ—въ окраскѣ и внѣшнемъ видѣ осадковъ, получаемыхъ путемъ прибавленія воды къ раствору висмута, содержащаго полоній, въ азотной кислотѣ. Эти осадки иногда имѣють бѣлый цвѣтъ, но

большою частью—болѣе или менѣе яркій желтый, переходящій иногда въ темнокрасный.

Отсутствіе иныхъ спектральныхъ линій кромѣ висмутовыхъ не служитъ рѣшительнымъ доказательствомъ того, что вещество содержитъ только висмутъ, ибо есть тѣла, по отношенію къ которымъ спектральный анализъ весьма мало чувствителенъ.

Нужно было бы приготовить небольшое количество содержащаго полоній висмута въ возможно сильной концентраціи и изслѣдовать его химически—прежде всего, со стороны атомнаго вѣса метала. Этого изслѣдованія еще нельзя было выполнить вслѣдствіе упомянутой выше трудности химическихъ операций.

Если бы оказалось, что полоній—новый элементъ, то этому не противорѣчило бы свойство этого элемента терять активность съ теченіемъ времени (по крайней мѣрѣ, когда онъ выдѣленъ изъ минерала). Такимъ образомъ можно держаться одной изъ двухъ различныхъ точекъ зрѣнія: 1. Либо вся активность полонія просто «наведена» сосѣдствомъ веществъ, обладающихъ самостоятельной радиоактивностью. Въ такомъ случаѣ атомы полонія имѣли бы свойство сохранять наведенную активность въ теченіе продолжительнаго времени—свойство, которое повидимому принадлежитъ не всѣмъ веществамъ ²⁰⁾; 2. Либо эта активность принадлежитъ самому полонію и при извѣстныхъ условіяхъ уничтожается сама собой, при другихъ—осуществляющихся въ минералѣ—можетъ сохраняться. Явленіе активированія атомовъ путемъ контакта еще столь мало извѣстно, что составить хорошо обоснованное мнѣніе по этому вопросу мы не имѣемъ возможности.

Недавно о полоніи появилась работа г. Марквальда ²¹⁾. Г. Марквальдъ погружаетъ палочку чистаго висмута въ солянокислый растворъ висмута, полученнаго путемъ обработки урановыхъ остатковъ. Спустя нѣсколько времени палочка покрывается сильно активнымъ осадкомъ, а растворъ содержитъ уже только неактивный висмутъ. Г. Марквальдъ получилъ также весьма активный осадокъ, подбавляя хлористое олово къ раствору радиоактивнаго висмута въ соляной кислотѣ. Отсюда онъ заключаетъ, что активный элементъ аналогиченъ телуру, и даетъ ему имя радіотелура. Активное вещество г. Марквальда по своему происхожденію и по испускаемымъ имъ (сильно поглощаемымъ) лучамъ представляется тождественнымъ съ полоніемъ. Во всякомъ случаѣ при настоящемъ положеніи вопроса давать этому веществу новое имя—безполезно.

Приготовленіе чистаго хлористаго радія.—Принятый мною способъ выдѣленія чистаго хлористаго радія изъ содержащаго радій хлористаго

барія состоитъ въ томъ, что смѣсь хлористыхъ соединеній подвергается дробной кристаллизаціи—сначала въ чистой водѣ, затѣмъ въ водѣ съ прибавкою чистой соляной кислоты. Такимъ образомъ основаніемъ способа служитъ различная растворимость обоихъ хлоридовъ, причемъ хлоридъ радія менѣе растворимъ, чѣмъ хлоридъ барія.

Въ началѣ фракціонированія употребляютъ чистую дистиллированную воду; растворивъ хлористыя соединенія, кипятятъ растворъ до насыщенія. Затѣмъ даютъ ему остыть въ открытой чашкѣ: происходитъ кристаллизація. На днѣ образуются красивые, крѣпко пристающіе кристаллы, съ которыхъ легко слить остающійся насыщенный растворъ. Выпаривая до суха пробу этого раствора, находятъ, что получаемое при этомъ хлористое соединеніе примѣрно въ пять разъ менѣе активно въ сравненіи съ кристаллами. Такимъ образомъ хлоридъ раздѣленъ на 2 части А и Б, изъ коихъ А значительно активнѣе чѣмъ Б. Ту же операцію повторяютъ съ А и Б въ отдѣльности и отъ каждой изъ этихъ двухъ частей получаютъ двѣ новыя фракціи. По окончаніи кристаллизаціи соединяютъ менѣе активную фракцію хлорида А съ болѣе активной фракціей хлорида Б, такъ какъ онѣ имѣютъ приблизительно одинаковую активность. Такимъ путемъ получаютъ три части, подвергаемыя опять такой же обработкѣ; однако число порцій не умножаютъ постоянно, такъ какъ по мѣрѣ возрастанія этого числа активность наиболѣе растворимой порціи дѣлается все меньше. Если эта порція имѣетъ лишь незначительную активность, то ее удаляютъ изъ процесса. Когда получено желаемое число порцій, то наименѣе растворимую (наиболѣе богатую радіемъ) порцію также не фракціонируютъ, а удаляютъ изъ процесса.

Операція ведется при постоянномъ числѣ порцій. Послѣ каждого ряда операцій остающійся растворъ каждой порціи выливается на кристаллы послѣдующей порціи. Если по окончаніи одного ряда была удалена наиболѣе растворимая порція, то въ слѣдующемъ ряду, напротивъ, наиболѣе растворимую фракцію вводятъ въ качествѣ новой порціи, а удаляютъ кристаллы, представляющіе наиболѣе активную порцію. Путемъ постоянного чередованія обоихъ пріемовъ устанавливается очень правильный фракціонировочный механизмъ, въ которомъ число порцій и активность каждой изъ нихъ остаются неизмѣнными, и каждая порція бываетъ примѣрно въ пять разъ активнѣе послѣдующей; при этомъ на одномъ концѣ цѣпи удаляютъ почти уже не активный продуктъ, на другомъ—собираютъ хлоридъ, богатый радіемъ. Все разбитое на порціи количество вещества постоянно уменьшается; различныя порціи содержатъ тѣмъ меньше вещества, чѣмъ болѣе ихъ активность.

Въ началѣ работа велась съ шестью порціями, и тогда активность

продукта, удаляемого въ концѣ процесса, составляла только $\frac{1}{10}$ активности урана.

Когда уже исключена значительная часть не активного вещества и порціи стали небольшими, то нѣтъ уже выгоды исключать лишь столь слабую активность; поэтому порцію, составляющую конечное звено фракціонной цѣпи, удаляютъ, а въ началѣ ряда присоединяютъ порцію, состоящую изъ собраннаго ранѣе активного хлорида. Теперь уже предстоитъ собирать хлоридъ, болѣе обильный радіемъ, чѣмъ раньше. По этой системѣ поступаютъ до тѣхъ поръ, покуда кристалы въ началѣ фракціоннаго ряда не окажутся состоящими изъ чистаго хлористаго радія. Если фракціонировка выполнялась безупречно, то всѣ промежуточные продукты остаются лишь въ самыхъ малыхъ количествахъ.

Если фракціонированіе подвинулось уже далеко, и количество вещества въ отдѣльныхъ порціяхъ стало мало, то раздѣленіе путемъ кристаллизаціи становится менѣе дѣйствительнымъ, такъ какъ охлажденіе происходитъ слишкомъ скоро и объемъ сливаемаго раствора дѣлается слишкомъ малъ. Тутъ бываетъ выгодно прибавить къ водѣ определенное количество соляной кислоты—тѣмъ большее, чѣмъ дальше двигается фракціонировка. Выгода этого состоитъ въ увеличеніи количества раствора, такъ какъ хлористыя соли слабѣе растворяются въ разведенной соляной кислотѣ, чѣмъ въ чистой водѣ. Кромѣ того и фракціонированіе тогда идетъ энергичнѣе: разница между обѣими фракціями одного и того же продукта дѣлается значительной. Употребляя воду съ большимъ количествомъ соляной кислоты, достигаютъ превосходныхъ раздѣленій: можно оперировать всего съ тремя или четырьмя порціями. Этотъ пріемъ крайне полезно примѣнить, какъ только количество вещества сдѣлалось достаточно малымъ для того, чтобы можно было оперировать такимъ образомъ безъ неудобствъ.

Кристалы, выпадающіе изъ очень кислаго раствора, имѣютъ форму очень длинныхъ иголъ, видъ которыхъ совершенно одинъ и тотъ же для хлористаго барія и хлористаго радія. Тѣ и другіе обнаруживаютъ двойное преломленіе. Только-что образовавшіеся кристалы хлористаго барія, содержащаго радій, безцвѣтны; но если содержаніе радія довольно велико, то по истеченіи нѣсколькихъ часовъ они приобретаютъ желтый цвѣтъ, переходящій въ оранжевый, иногда — также красивую розовую окраску. Эта окраска исчезаетъ при раствореніи. Кристалы чистаго радія не окрашиваются, по крайней мѣрѣ—не такъ скоро; повидимому, окрашиваніе зависитъ отъ совмѣстнаго присутствія барія и радія. Максимальная окраска получается при определенной концентраціи радія, и этимъ обстоятельствомъ можно пользоваться для контроля успѣшности фракціонировки. Покуда наиболѣе

активная порція еще окрашивается, она содержитъ замѣтное количество барія; если она уже не окрашивается, послѣдующія же порціи окрашиваются, то она состоитъ главнѣйше изъ чистаго хлористаго радія.

Мнѣ случалось наблюдать образование кристалической смѣси, одна часть которой была безцвѣтна, а другая окрашена. Повидимому, можно было бы отдѣлить безцвѣтные кристалы сортировкой; я не пыталась дѣлать это.

Къ концу процесса фракціонировки отношеніе активностей слѣдующихъ другъ за другомъ порцій уже не таково, какъ въ началѣ, и не столь правильно; однако ходъ процесса не испытываетъ серьезнаго нарушенія.

Дробное осажденіе спиртомъ, примѣняемое къ водному раствору хлористаго барія, содержащаго радій, также ведетъ къ изоляціи хлористаго радія, который выпадаетъ прежде. Этотъ пріемъ, употреблявшійся мною сперва, уступилъ потомъ мѣсто выше описанному, какъ протекающему болѣе правильно. Однакожь я еще примѣняла нѣсколько разъ осажденіе алкогелемъ для того, чтобы очищать хлористый радій отъ небольшого количества хлористаго барія. Послѣдній остается въ спиртовомъ (съ небольшимъ количествомъ воды) растворѣ и такимъ образомъ можетъ быть удаленъ.

Г. Гизель, со времени опубликованія первыхъ нашихъ изслѣдованій занимавшійся приготовленіемъ радиоактивныхъ тѣлъ, рекомендуетъ отдѣлять радій отъ барія путемъ дробной кристализаціи (въ водѣ) смѣси бромистыхъ соединений. Я убѣдилась, что этотъ процессъ дѣйствительно представляетъ большія выгоды, особенно въ началѣ фракціонировки.

Какой бы изъ фракціонировочныхъ методовъ ни былъ примѣненъ, его полезно контролировать измѣреніями активности. При этомъ необходимо замѣтить, что радіево соединеніе, переведенное изъ раствореннаго состоянія въ твердое—все равно, осажденіемъ или кристализаціей—обладаетъ въ началѣ тѣмъ меньшей активностью, чѣмъ долѣе оставалось оно въ растворенномъ видѣ. Затѣмъ въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ активность растетъ до извѣстнаго (всегда одинаковаго) предѣла. Окончательная величина активности бываетъ въ 5—6 разъ больше начальной. На эти измѣненія (къ нимъ я еще возвращусь) слѣдуетъ обращать вниманіе при измѣреніяхъ активности. Хотя окончательная активность представляетъ большую опредѣленность, тѣмъ не менѣе является болѣе практичнымъ измѣрять во время химическихъ операций начальную активность твердыхъ препаратовъ.

Активность сильно радиоактивныхъ веществъ представляетъ величину совсѣмъ иного порядка, чѣмъ активность исходнаго минерала

(она въ миллионъ разъ больше). Если она мѣряется по способу, указанному въ началѣ этого сочиненія (см. черт. 1), то нагрузку кварца нельзя увеличивать выше извѣстнаго предѣла. При нашихъ опытахъ максимальная нагрузка была 4000 граммовъ, что соотвѣтствовало развитію 25 электростатическихъ единицъ электричества. Такимъ образомъ при одной и той же величинѣ поверхности активнаго вещества мы можемъ мѣрить активности, величина которыхъ измѣняется отъ 1 до 4000. Чтобы расширить предѣлы измѣреній, мы измѣняемъ величину поверхности активнаго вещества, покрывая имъ на пластинкѣ В круглую площадь извѣстнаго радіуса. Такъ какъ при этихъ условіяхъ активность не бываетъ въ точности пропорціональна поверхности, то эмпирически опредѣляется коэффициентъ, позволяющій сравнивать активности при неравныхъ поверхностяхъ. Если и это средство оказывается недостаточнымъ, приходится прибѣгать къ абсорбирующимъ экранамъ и другимъ соотвѣтствующимъ мѣрамъ, о которыхъ я здѣсь не буду распространяться. Всѣ эти мѣры, будучи болѣе или менѣе несовершенны, все же достаточны для контроля опытовъ.

Мы мѣрили также токъ въ конденсаторѣ, включая послѣдній въ цѣпь съ батареей маленькихъ аккумуляторовъ и чувствительнымъ гальванометромъ. Въ виду необходимости частыхъ провѣрокъ чувствительности гальванометра мы отказались отъ примѣненія этой методы въ теченіе измѣреній.

Определение атомнаго вѣса радія ³²⁾. — Въ теченіе моей работы я много разъ изслѣдовала атомный вѣсъ метала, содержащагося въ пробахъ хлористаго барія-радія. Всякій разъ какъ мнѣ предстояло обрабатывать новое количество хлористаго барія, содержащаго радій, я доводила концентрацію до наибольшаго возможнаго предѣла, въ результатѣ чего получалось отъ 0.1 до 0.5 грама вещества, въ которое переходила почти вся активность. Изъ этого небольшого количества я осаждала спиртомъ или соляной кислотой нѣсколько миллиграммовъ хлорида для спектрально-аналитическаго изслѣдованія. Благодаря своей превосходной методѣ, Де марсе нуждался лишь въ этомъ ничтожномъ количествѣ вещества, чтобы получить фотографію искрового спектра. Надъ остальной частью препарата я производила опредѣленіе атомнаго вѣса.

Я примѣняла класическій методъ, состоящій въ опредѣленіи (въ формѣ хлористаго серебра) хлора, содержащагося въ извѣстномъ вѣсовомъ количествѣ безводнаго хлористаго соединенія. Въ видѣ контрольнаго опыта я опредѣляла атомный вѣсъ барія тѣмъ же способомъ, при тѣхъ же условіяхъ и съ тѣмъ же количествомъ вещества— сначала съ 0.5 гр., потомъ только съ 0.1 гр. Найденныя числа всегда

заклучались между 137 и 138. Такимъ образомъ этотъ методъ даже съ столь малыми количествами вещества приводитъ къ удовлетворительнымъ результатамъ.

Два первыя опредѣленія были произведены съ хлоридами, изъ которыхъ одинъ былъ въ 230 разъ, другой въ 600 разъ активнѣе урана. Оба эти опыта дали — въ предѣлахъ точности наблюденій — то же число, что и опыты съ чистымъ хлористымъ баріемъ. Поэтому можно было надѣяться получить разницу лишь подѣ условіемъ примѣненія гораздо болѣе активнаго препарата. Слѣдующій опытъ, произведенный съ хлоридомъ, активнымъ примѣрно въ 3500 разъ болѣе урана, впервые позволилъ замѣтить небольшую, но несомнѣнную разницу: я нашла для средняго атомнаго вѣса метала, содержащагося въ хлоридѣ, число 140; это указывало, что атомный вѣсъ радія больше атомнаго вѣса барія. Затѣмъ, употребляя все болѣе активныя препараты, дававшіе все болѣе интенсивный спектръ радія, я убѣдилась, что получаемыя числа тоже возрастали, какъ видно изъ слѣдующей таблицы (А означаетъ активность хлорида, считая активность урана за единицу; М—найденный атомный вѣсъ):

	А	М	
	3500	140	спектръ радія очень слабъ
	4700	141	
	7500	145.8	спектръ радія силенъ, но спектръ барія еще преобладаетъ
порядокъ = 10 ⁶	}	173.8	оба спектра приблизительно одинаковой силы
		225	только слѣды барія

Числа столбца А представляютъ собою лишь грубыя данныя. Въ самомъ дѣлѣ, оцѣнить активность сильно активныхъ тѣлъ бываетъ трудно по причинамъ, указываемымъ ниже.

Описаннымъ выше процесомъ я получила въ мартѣ 1902 года 0.12 гр. хлористаго радія, спектрально-аналитическое изслѣдованіе котораго было произведено Де марсе. По мнѣнію Де марсе, этотъ хлористый радій былъ почти что чистъ; тѣмъ не менѣе спектръ его давалъ еще три главныя линіи барія въ замѣтной степени. Я произвела надѣ этимъ хлоридомъ четыре послѣдовательныхъ опредѣленія съ такимъ результатомъ:

	Число граммовъ безводнаго хлористаго радія	Число граммовъ хлористаго се- ребра	М
I	0.1150	0.1130	220.7
II	0.1148	0.1119	223.0
III	0.11135	0.1086	222.8
IV	0.10925	0.10645	223.1

Затѣмъ я принялась за новую очистку этого хлорида и получила еще болѣе чистое вещество, въ спектрѣ котораго обѣ сильнѣйшія

баріевы лінії были замѣтны лишь въ очень слабой степени. Принимая во вниманіе чувствительность спектральной реакціи на барій, Демарсе высказалъ мнѣніе, что этотъ очищенный хлоридъ содержитъ лишь «минимальные слѣды барія, которые не могли бы уже оказать чувствительнаго вліянія на атомный вѣсъ». Надъ этимъ совершенно чистымъ хлористымъ радіемъ я произвела три опредѣленія съ такимъ результатомъ:

	Число граммовъ безводнаго хлористаго радія	Число граммовъ хлористаго серебра	М
I	0.09192	0.08890	225.3
II	0.08936	0.08627	225.8
III	0.08839	0.08589	224.0

Эти числа даютъ среднее 225. Какъ и предыдущія, они выведены въ предположеніи двувалентности радія—т.е. что хлоридъ его имѣетъ формулу $Ra Cl^2$ —и въ предположеніи слѣдующихъ чиселъ для серебра и хлора: $Ag=107.8$; $Cl=35.4$.

Изъ этихъ опытовъ для атомнаго вѣса радія выходитъ число 225. Я приписываю этому числу точность до одной единицы.

Взвѣшиванія производились при помощи очень точно вывѣренныхъ аперіодическихъ вѣсовъ Кюри, чувствительность которыхъ составляла $\frac{1}{20}$ миллиграма. Вѣсы эти, дающіе возможность непосредственныхъ отсчетовъ, позволяютъ выполнять взвѣшиванія очень скоро, что является весьма существеннымъ при взвѣшиваніи безводныхъ хлористыхъ солей радія и барія, которыя даже при наличности осушительныхъ средствъ въ футлярѣ вѣсовъ медленно поглощаютъ воду. Взвѣшиваемыя вещества были помѣщаемы въ платиновомъ тиглѣ, съ давнихъ поръ употреблявшемся; я убѣдилась, что въ продолженіе одной операціи вѣсъ его не измѣнялся и на $\frac{1}{10}$ миллиграма.

Полученный путемъ кристаллизаціи гидратъ хлористаго соединенія былъ помѣщаемъ въ тигель и нагрѣвался въ сушильномъ шкапу для перевода въ безводное соединеніе. Опытъ показываетъ, что если хлоридъ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ оставался при 100° , то вѣсъ его не мѣняется даже отъ нагрѣванія до 200° и поддерживанія этой температуры въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. Слѣдовательно полученный такимъ образомъ безводный хлоридъ представляетъ хорошо опредѣляемое тѣло.

Я сообщаю результаты нѣкоторыхъ измѣненій: 1 дециграмъ хлорида высушивается при 55° въ сушильномъ шкапу и помѣщается въ эксикаторъ съ фосфорнымъ ангидридомъ; при этомъ онъ очень медленно теряетъ въ вѣсъ, изъ чего слѣдуетъ, что онъ еще содержитъ воду; въ теченіе 12 часовъ эта потеря составляла примѣрно 3 мили-

грама. Хлоридъ помѣщается снова въ сушильный шкапъ, температура повышается до 100° . Въ теченіе этой операціи хлоридъ теряетъ 6.3 мг. Въ слѣдующіе 3 ч. 15 м. онъ теряетъ еще 2.5 мг. Въ теченіе 45 минутъ температура поддерживается между 100° и 120° , въ вѣсѣ теряется 0.1 мг. Въ теченіе 30 минутъ температура 125° , потери въ вѣсѣ нѣтъ. Затѣмъ въ теченіе 30 минутъ температура 150° , потеря— 0.1 мг. Наконецъ въ теченіе 4 часовъ поддерживается температура 200° , убыль въ вѣсѣ—0.15 мг. Вѣсъ тигля во время всѣхъ этихъ операцій измѣнился на 0.05 мг.

Послѣ каждаго опредѣленія атомнаго вѣса радій вновь переводился въ хлористое соединеніе такимъ образомъ: къ жидкости, содержащей по анализу избытокъ азотнокислыхъ солей радія и серебра, приливалась чистая соляная кислота; фильтрованіемъ удалялось хлористое серебро; затѣмъ жидкость нѣсколько разъ выпаривалась досуха вмѣстѣ съ избыткомъ чистой соляной кислоты. Опытъ показываетъ, что этимъ способомъ можно совершенно удалить азотную кислоту.

Служившее для анализа хлористое серебро всегда было радиоактивно и испускало свѣтъ. Опредѣляя содержащееся въ немъ количество серебра, я убѣдилась, что имъ не было увлечено вѣсостаго количества радія; для этой цѣли находившееся въ тиглѣ хлористое серебро подверглось плавленію и было возстановлено водородомъ, полученнымъ изъ разведенной соляной кислоты подъ дѣйствіемъ цинка; послѣ промывки тигель вмѣстѣ съ находившимся въ немъ металлическимъ серебромъ былъ взвѣшенъ.

Въ одномъ опытѣ я также убѣдилась, что вѣсъ регенерированнаго хлористаго радія имѣлъ ту же величину, какъ и до операціи. При другихъ опытахъ я приступала къ новымъ операціямъ, не выжидая полнаго испаренія воды, служившей для промыванія.

Эти повѣрки не обладаютъ такой же степенью точности, какъ непосредственные опыты; тѣмъ не менѣе они позволили установить, что ни одной чувствительной погрѣшности не было допущено.

По своимъ химическимъ свойствамъ радій принадлежитъ къ группѣ щелочноземельныхъ металловъ и образуетъ высшій гомологъ барія. По своему атомному вѣсу радій занимаетъ въ Менделѣвской табличкѣ мѣсто за баріемъ, въ столбцѣ щелочныхъ земель и въ горизонтальномъ ряду, вмѣщающемъ уранъ и торій.

Свойства радіевыхъ солей.—Соли радія, какъ-то: хлористая, азотнокислая, углекислая, сѣрнокислая—въ твердомъ состояніи имѣютъ одинаковый видъ съ соответствующими солями барія; но съ теченіемъ времени всѣ онѣ окрашиваются.

Всѣ соли радія свѣтятся въ темнотѣ.

По своимъ химическимъ свойствамъ соли радія совершенно аналогичны соотвѣтствующимъ солямъ барія. Однако растворимость хлористаго радія менѣе чѣмъ хлористаго барія; растворимость же азотно-кислыхъ солей въ водѣ представляется одинаковой.

Соли радія являются источникомъ теплоты, развивающейся самопроизвольно и непрерывно.

Чистый хлористый радій парамагнитенъ. Его магнитная восприимчивость χ (отношеніе напряженности намагниченія къ силѣ поля) была опредѣлена гг. Кюри и Шенво³³⁾ при помощи построеннаго ими прибора. Измѣреніе производилось путемъ сравненія съ магнитной восприимчивостью воды, причемъ дѣлалась поправка на магнетизмъ воздуха. Оказалось:

$$\chi = 1.05 \times 10^{-6}.$$

Чистый хлористый барій діамагнитенъ: его магнитная восприимчивость равна

$$\chi = -0.40 \times 10^{-6}.$$

Согласно съ предыдущимъ, хлористый барій, содержащій около 17% хлористаго радія, оказывается діамагнитнымъ и имѣетъ

$$\chi = -0.20 \times 10^{-6}.*$$

Фракціонированіе обыкновеннаго хлористаго барія.—Мы желали убѣдиться, не содержитъ ли продажный хлористый барій слѣдовъ радія, слишкомъ малыхъ для того, чтобы быть обнаруженными при помощи нашего измѣрительнаго аппарата. Съ этой цѣлью мы предприняли фракціонировку большого количества продажнаго хлористаго барія, надѣясь этимъ путемъ сконцентрировать слѣды хлористаго радія, если бы они здѣсь содержались.

Мы растворили въ водѣ 50 килогр. продажнаго хлористаго барія и растворъ подвергли осажденію соляной кислотой (не содержащей сѣрной кислоты), причемъ было осаждено 20 килогр. хлорида. Этотъ осадокъ былъ растворенъ въ водѣ и опять подвергся частичному осажденію соляной кислотой: получилось 8.5 килогр. осадка. Этотъ вновь осажденный хлоридъ былъ подвергнутъ фракціонировочному процессу, примѣнявшемуся къ барію, содержащему радій, причемъ въ качествѣ начальнаго звена выдѣлено было 10 гр. хлорида, представлявшаго наименѣе растворимую порцію. Этотъ хлоридъ не обнаружилъ никакой активности въ нашемъ измѣрительномъ аппаратѣ и слѣдовательно не содержалъ радія. Такимъ образомъ радій не находится въ минералахъ, служащихъ для добыванія барія.

* Въ 1899 г. г. Ст. Мейеръ опубликовалъ, что углекислый барій съ содержаніемъ радія является парамагнитнымъ (Wied. Ann., 68). Но изслѣдованный имъ препаратъ содержитъ очень мало радія (вѣроятно не болѣе $\frac{1}{10}$ 0/0) и поэтому долженъ былъ оказаться діамагнитнымъ. Вѣроятно, это тѣло содержало примѣсь желѣза.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Излученія новыхъ радиоактивныхъ веществъ.

Приемы изслѣдованія радіацій. — Для изслѣдованія излученій, свойственныхъ радиоактивнымъ веществамъ, можетъ служить любое свойство этихъ излученій. Такимъ образомъ можно воспользоваться или дѣйствіемъ лучей на фотографическую пластинку, или ихъ способностью іонизировать воздухъ и сообщать ему электропроводность, или наконецъ ихъ свойствомъ возбуждать флуоресценцію нѣкоторыхъ веществъ. Говоря въ дальнѣйшемъ объ этихъ различныхъ приемахъ, я буду для краткости употреблять выраженія: радиографическій способъ, электрической способъ, флуороскопическій способъ.

Оба первые способа были примѣняемы съ самаго начала къ изслѣдованію урановыхъ лучей; флуороскопическій же методъ можетъ быть примѣненъ лишь къ новымъ, сильно активнымъ веществамъ, ибо вещества слабо активныя, какъ уранъ и торій, не возбуждаютъ замѣтной флуоресценціи. Электрической способъ — единственный, допускающій точныя измѣренія интенсивности; оба прочіе съ этой точки зрѣнія пригодны главнымъ образомъ для полученія качественныхъ результатовъ и могутъ дать возможность лишь грубыхъ измѣреній. Результаты всѣхъ трехъ способовъ являются лишь въ самой малой степени сравнимыми между собою, иногда не допускаютъ и совѣмъ никакого сравненія. Чувствительная пластинка, іонизирующійся газъ, флуоресцирующій экранъ являются также приемниками, поглощающими лучистую энергію и переводящими ее въ другую форму: въ форму химической энергіи, энергіи іоновъ или энергіи свѣтовой. Всякій приемникъ поглощаетъ нѣкоторую долю лучистой энергіи; величина этой доли существенно зависитъ отъ его природы. Ниже будетъ показано, что излученіе имѣетъ сложную природу; поэтому часть лучей, поглощаемая различными приемниками, можетъ представлять количественныя и качественныя различія. Наконецъ, нельзя считать не только за достовѣрное, но даже за вѣроятное, чтобы поглощаемая приемникомъ энергія вполнѣ преобразовывалась въ ту форму, которую мы желаемъ наблю-

дать: часть этой энергіи можетъ превратиться въ тепло, либо пойти на испусканіе вторичныхъ лучей, которые могутъ быть или не быть использованы на производство наблюдаемаго явленія, либо пойти на химическія дѣйствія, различныя отъ наблюдаемыхъ и т. д.; вмѣстѣ съ тѣмъ «производительность» приѣмника по отношенію къ цѣли, которою мы задаемся, существенно зависитъ отъ природы этого приѣмника.

Сравнимъ другъ съ другомъ двѣ пробы радіоактивнаго вещества, изъ которыхъ одна содержитъ радій, другая полоній, и которыя въ представленномъ на черт. 1 аппаратѣ обнаруживаютъ одинаковую активность. Если прикрывать ту и другую алюминіевымъ листомъ, то вторая окажется значительно менѣе активной, чѣмъ первая; то же самое обнаружится при испытаніи обѣихъ однимъ и тѣмъ же флуоресцирующимъ экраномъ, если экранъ достаточно толстъ или находится на нѣкоторомъ разстояніи отъ радіоактивнаго вещества.

Энергія излученія.—Какой бы способъ изслѣдованія ни примѣнять, всегда оказывается, что энергія излученія новыхъ радіоактивныхъ веществъ значительно превышаетъ энергію урана и торія. Напримѣръ, заставляя первыя дѣйствовать на небольшомъ разстояніи на фотографическую пластинку, мы получаемъ результаты такъ сказать моментально: тогда какъ примѣненіе урана и торія требуетъ 24-часовой экспозиціи. Флуоресцирующий экранъ начинаетъ ярко свѣтиться при соприкосновеніи съ новыми радіоактивными веществами: между тѣмъ уранъ и торій не даютъ и слѣда свѣченія. Наконецъ, ионизирующее дѣйствіе на воздухъ въ первомъ случаѣ также бываетъ во много (примѣрно въ миллионъ) разъ сильнѣе. Однакоже здѣсь, строго говоря, уже нѣтъ возможности измѣрить полную напряженность излученія при помощи выше описаннаго (черт. 1) электрическаго способа, какъ это можно было въ случаѣ урана. Въ самомъ дѣлѣ, въ послѣднемъ случаѣ излученіе почти сполна поглощается воздушнымъ слоемъ между обкладками, и предѣльный токъ получается уже при напряженіи въ 100 вольтъ. Не то—въ случаѣ сильно активныхъ веществъ. Часть радіевыхъ излученій состоитъ изъ сильно проникающихъ лучей, которые проходятъ чрезъ металлическія обкладки конденсатора, совсѣмъ не возбуждая іонизаціи воздуха между обкладками. Далѣе не всегда бываетъ возможно получить предѣльный токъ съ помощью доступныхъ напряженій: такъ, въ случаѣ сильно активнаго полонія въ предѣлахъ отъ 100 до 500 вольтъ токъ еще остается пропорціональнымъ напряженію. Такимъ образомъ экспериментальныя условія, сообщающія измѣреніямъ простой смыслъ, здѣсь не выполняются, и поэтому получаемыя числа не могутъ служить мѣрой полнаго излученія: они являются въ этомъ смыслѣ только грубымъ приближеніемъ.

Сложная природа излучений.—Работы различныхъ физиковъ (гг. Бекереля, Мейера и ф. Швейдлера, Гизеля, Вилара, Рёзерфорда, супруговъ Кюри) показали, что излученія радиоактивныхъ веществъ имѣютъ весьма сложную природу. Можно различить три сорта лучей, которые я по примѣру г. Рёзерфорда буду обозначать буквами α , β , γ .

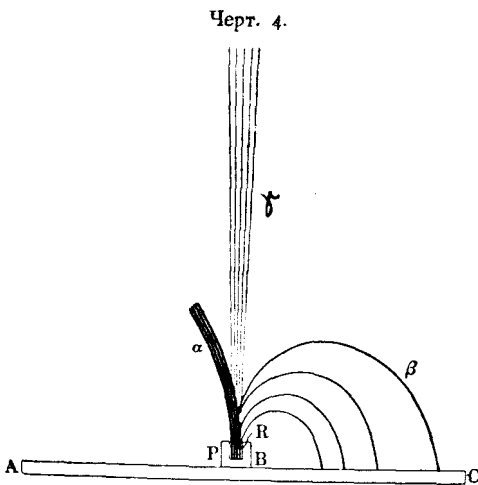
1. Лучи α (альфа) обладаютъ весьма малой проникающей способностью; они повидимому составляютъ главную часть излученія. Для нихъ характерна поглощаемость ихъ матеріей. Магнитное поле дѣйствуетъ на нихъ очень слабо, такъ что ихъ сначала считали нечувствительными къ его дѣйствию. Однакожъ въ сильномъ магнитномъ полѣ лучи α нѣсколько отклоняются; отклоненіе происходитъ подобно тому какъ для катодныхъ лучей, лишь въ обратномъ смыслѣ (слѣдовательно—какъ для «трубчатыхъ» («закаатодныхъ») лучей, т. наз. les rayons canaux, Kanalstrahlen, получаемыхъ во время разряда въ трубкѣ Крукса).

2. Лучи β (бета) являются вообще менѣе поглощаемыми сравнительно съ предыдущими. Въ магнитномъ полѣ они отклоняются такимъ же образомъ и въ томъ же смыслѣ какъ лучи катодные.

3. Лучи γ (гамма) отличаются большой проникающей способностью; магнитное поле не дѣйствуетъ на нихъ; они сходны съ лучами Рентгена.

Лучи одной и той же группы могутъ имѣть проникающую способность, колеблющуюся въ весьма широкихъ предѣлахъ, какъ это обнаружено для лучей β .

Вообразимъ слѣдующій опытъ: радій R находится на днѣ маленькаго углубленія, сдѣланнаго въ кускѣ свинца P (черт. 4). Отсюда будетъ распространяться прямолинейный, слабо расширяющійся пучокъ лучей. Допустимъ, что кругомъ углубленія создано однородное, очень сильное магнитное поле, перпендикулярное къ плоскости чертежа и направленное къ читателю. Тогда произойдетъ раздѣленіе трехъ сортовъ лучей. Мало интенсивные лучи γ продолжаютъ распространяться прямолинейно, не обнаруживая ни слѣда отклоненія. Лучи β отклонены какъ катодные лучи; они распространяются по кругообразнымъ пу-



какъ катодные лучи; они распространяются по кругообразнымъ пу-

тѣмъ, которые лежатъ въ плоскости чертежа и имѣютъ кривизну, мѣняющуюся въ широкихъ предѣлахъ. Если свинцовый сосудецъ съ радіемъ стоитъ на фотографической пластинкѣ АС, то подверженная лучамъ β часть ея ВС испытываетъ ихъ дѣйствіе. Наконецъ, лучи α образуютъ весьма интенсивный пучокъ, только слегка отклоняющийся и довольно скоро поглощаемый воздухомъ. Эти лучи описываютъ въ плоскости чертежа путь съ весьма большимъ радіусомъ кривизны; направленіе отклоненія противоположно отклоненію лучей β .

Если накрыть углубленіе въ свинцѣ тонкимъ ($\frac{1}{10}$ милим. толщины) алюминиевымъ экраномъ, то лучи α большею частью поглощаются; лучи β —значительно менѣе; лучи γ замѣтнаго поглощенія не обнаруживаютъ.

Въ такой формѣ опытъ не можетъ быть осуществленъ на дѣлѣ; опыты, изъ которыхъ вытекаютъ законы дѣйствія магнитнаго поля на различные сорта лучей, будутъ описаны ниже.

Дѣйствіе магнитнаго поля. — Мы видѣли, что лучи, испускаемые радиоактивными веществами, имѣютъ много общихъ свойствъ съ лучами катодными и Рѣнтгеновыми. И катодные и Рѣнтгеновы лучи ионизируютъ воздухъ, дѣйствуютъ на фотографическія пластинки, возбуждаютъ флуоресценцію, не испытываютъ сколько-нибудь правильного отраженія. Но катодные лучи отличаются отъ Рѣнтгеновыхъ тѣмъ, что отклоняются отъ своего прямолинейнаго пути подъ дѣйствіемъ магнитнаго поля, и тѣмъ, что они несутъ отрицательные электрическіе заряды.

Фактъ, что магнитное поле вліяетъ на излученія радиоактивныхъ тѣлъ, былъ открытъ почти одновременно г. Гизелемъ ³⁴⁾, Мейеромъ и ф. Швейдлеромъ ³⁵⁾ и Бекерелемъ ³⁶⁾. Эти физики нашли, что лучи радиоактивныхъ тѣлъ отклоняются магнитнымъ полемъ такъ же и въ томъ же смыслѣ какъ катодные лучи; эти наблюденія относились къ лучамъ β .

Г. Кюри ³⁷⁾ показали, что радіевы излученія состоятъ изъ двухъ хорошо различимыхъ группъ лучей, изъ которыхъ одна сильно отклоняется магнитнымъ полемъ (лучи β), между тѣмъ какъ другая представляется нечувствительной къ дѣйствію поля (лучи α и γ , объединенные подъ общимъ именемъ «неотклоняемыхъ лучей»).

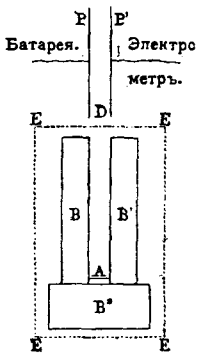
У приготовленныхъ нами препаратовъ полонія г. Бекерель не наблюдалъ испусканія лучей, соответствующихъ катоднымъ. Напротивъ, г. Гизель впервые замѣтилъ вліяніе магнитнаго поля у добытаго имъ полоніева препарата. Ни одинъ изъ препаратовъ полонія, приготовленныхъ нами, не давалъ лучей, подобныхъ катоднымъ.

Полоній г. Гизеля испускаетъ лучи, подобные катоднымъ, лишь

покуда онъ въ свѣжѣмъ видѣ; правдоподобно, что это излученіе зависитъ отъ явленія наведенной радиоактивности, о чемъ будетъ рѣчь ниже.

Слѣдующіе опыты служили для доказательства, что часть (и только часть) радіевыхъ излученій состоитъ изъ легко отклоняемыхъ лучей (лучи β). Опыты производились по электрическому методу ³⁸).

Черт. 5.



Радиоактивное тѣло А (черт. 5) посылаетъ лучи въ направленіи AD между пластинками Р и Р'. Пластика Р поддерживается при потенциалѣ въ 500 вольтъ, пластинка Р' сообщается съ электрометромъ и съ пьезоэлектрическимъ кварцемъ. Измѣряютъ силу тока, проходящаго черезъ воздухъ подъ дѣйствіемъ излученія. Во всемъ пространствѣ EEEE можно съ помощью электромагнита осуществить магнитное поле, перпендикулярное къ плоскости чертежа. Даже если лучи лишь слабо отклоняются, — они уже не попадаютъ между пластинками, и токъ прекращается. Путь лучей ограниченъ свинцовыми масами ВВ'В'' и полюсами электромагнита; отклоняясь, лучи поглощаются свинцовыми масами В и В'.

Получаемые результаты существенно зависятъ отъ разстоянія AD между источникомъ лучей А и входомъ D въ конденсаторъ. Если это разстояніе довольно велико (больше 7 центим.), то наибольшая часть (около 90%) радіевыхъ лучей, достигающихъ конденсатора, отклоняется и устраняется магнитнымъ полемъ въ 2500 единицъ. Это — лучи β . Если разстояніе AD меньше 65 милим., то полемъ отклоняется менѣе значительная доля лучей; при томъ эта доля уже сполна отклоняется полемъ въ 2500 единицъ, такъ что усиленіе поля до 7000 единицъ не увеличиваетъ устраняемой части излученій.

Не отклоняемая полемъ доля излученій тѣмъ болѣе, чѣмъ меньше разстояніе AD между источникомъ лучей и конденсаторомъ. При небольшихъ разстояніяхъ легко отклоняемые лучи составляютъ лишь очень малую долю полного излученія.

Слѣдовательно, лучи проникающіе состоятъ по большей части изъ отклоняемыхъ лучей катоднаго типа (лучи β).

При томъ устройствѣ приборовъ, какое было описано, и при тѣхъ величинахъ поля, какія употреблялись, почти нельзя было наблюдать дѣйствія магнитнаго поля на лучи α . Весьма сильныя, какъ бы не отклоняемыя излученія, которыя наблюдались на малыхъ разстояніяхъ отъ источника, состояли изъ лучей α ; не отклоняемыя излученія, наблюдаемыя на большихъ разстояніяхъ, состояли изъ лучей γ .

При томъ устройствѣ приборовъ, какое было описано, и при тѣхъ величинахъ поля, какія употреблялись, почти нельзя было наблюдать дѣйствія магнитнаго поля на лучи α . Весьма сильныя, какъ бы не отклоняемыя излученія, которыя наблюдались на малыхъ разстояніяхъ отъ источника, состояли изъ лучей α ; не отклоняемыя излученія, наблюдаемыя на большихъ разстояніяхъ, состояли изъ лучей γ .

Если профильтровать пучокъ лучей сквозь поглощающую пластинку (алюминій или черную бумагу), то проходящіе лучи почти сплона отклоняются магнитнымъ полемъ, такъ что совмѣстнымъ дѣйствіемъ поглощающаго экрана и магнитнаго поля изъ конденсатора устраняется почти все излученіе; остатокъ состоитъ лишь изъ лучей γ , содержаніе которыхъ невелико. Лучи α поглощаются экраномъ.

Алюминіеваго листка въ $\frac{1}{100}$ милим. толщины оказывается достаточно, чтобы почти сплона устранить трудно отклоняемые лучи, если вещество находится довольно далеко отъ конденсатора; при меньшихъ разстояніяхъ (34 мм. и 51 мм.) для достиженія того же результата необходимы два такихъ же алюминіевыхъ листка.

Подобныя измѣренія были выполнены для 4 веществъ (хлористыхъ и углекислыхъ соединеній радія) весьма различной активности; полученные результаты весьма сходны между собой.

Можно замѣтить, что каковъ бы ни былъ препаратъ—проницающіе, отклоняемые магнитомъ лучи (лучи β) составляютъ лишь небольшую долю полного излученія; они играютъ лишь малую роль въ тѣхъ измѣреніяхъ, гдѣ употребляютъ полное излученіе для сообщенія воздуху электропроводности.

При помощи электрическаго метода можно изучать полоніевы радіаціи. Измѣняя разстояніе AD отъ полонія до конденсатора, не замѣчаютъ сначала—пока разстояніе остается довольно большимъ—ни малѣйшаго тока; приближая полоній, замѣчаютъ, что при извѣстной величинѣ разстоянія (4 центим. для препарата, подвергавшагося изслѣдованію) излученіе вдругъ проявляется съ довольно большой интенсивностью; при дальнѣйшемъ приближеніи полонія токъ постепенно возрастаетъ, но магнитное поле при этихъ условіяхъ не производитъ замѣтнаго эффекта. Все происходитъ такъ, какъ будто бы лучи полонія были ограничены опредѣленнымъ пространствомъ, — словно они встрѣчаютъ въ воздухѣ какое-то препятствіе въ родѣ футляра, окружающаго вещество на разстояніи нѣсколькихъ центиметровъ.

Относительно значенія только что описанныхъ опытовъ я должна сдѣлать важную оговорку общаго характера. Говоря объ отклоняемой магнитомъ долѣ излученій, я имѣю въ виду лишь тѣ радіаціи, которыя въ состояніи возбудить токъ въ конденсаторѣ. Если бы въ качествѣ реактива на Бекерелевы лучи употреблять флуоресцирующій экранъ или фотографическую пластинку, то упомянутая доля вѣроятно имѣла бы другую величину; но вообще измѣреніе интенсивности имѣетъ смыслъ лишь при употребленіи электрическаго метода.

Лучи полонія относятся къ типу лучей α . Въ только что описанныхъ опытахъ нельзя было замѣтить никакого вліянія магнитнаго поля на эти лучи; однако экспериментальное устройство было

такого рода, что слабое отклоненіе должно было остаться незамѣченнымъ.

Опыты, произведенные по радіографическому способу, подтвердили результаты предыдущихъ опытовъ. Употребляя радій въ качествѣ источника излученій и улавливая лучи пластинкой, расположенной параллельно первоначальному пучку лучей и перпендикулярно къ полю, получаемъ очень рѣзкій слѣдъ двухъ раздѣленныхъ дѣйствіемъ поля пучковъ, изъ которыхъ одинъ отклоненъ, другой нѣтъ. Лучи β представляютъ отклоненный пучокъ; слабо отклоняющіеся лучи α почти spolна смѣшиваются съ не отклоняющимся пучкомъ лучей γ .

Отклоняемые лучи β .—Изъ опытовъ г. Гизеля и г. Мейера и ф. Швейдлера вытекало, что излученія радиоактивныхъ тѣлъ по крайней мѣрѣ отчасти отклоняются магнитнымъ полемъ, и что это отклоненіе происходитъ такъ же какъ въ случаѣ катодныхъ лучей. Г. Бекерель³⁹⁾ изслѣдовалъ дѣйствіе поля на лучи по радіографическому способу. Опытъ былъ устроенъ какъ на черт. 4. Радій находился въ свинцовомъ сосудѣ Р, помѣщенномъ на чувствительной сторонѣ завернутой въ черную бумагу фотографической пластинки АС. Все это находилось между полюсами электромагнита; магнитное поле было перпендикулярно къ чертежу.

Если поле направлено къ читателю, то часть ВС пластинки попадаетъ подъ дѣйствіе лучей, которые, описывая кругообразные пути, отбрасываются на пластинку и пересекаютъ ее подъ прямыми углами. Это — лучи β .

Г. Бекерель показалъ, что получаемое изображеніе состоитъ изъ широкой разсѣянной полосы, — настоящего сплошного спектра, — откуда вытекаетъ, что испускаемый источникомъ отклоняемый пучокъ состоитъ изъ безконечнаго числа лучей различной отклоняемости. Накрывая чувствительную сторону пластинки различными поглощающими экранами (бумага, стекло, металлы), найдемъ, что часть спектра устранена; именно оказывается, что тѣ лучи, которые всего сильнѣе отклоняются магнитнымъ полемъ, иными словами, тѣ, которые даютъ наименьшую величину радіуса кругового пути, являются наиболѣе поглощаемыми. При всякомъ экранѣ изображеніе на пластинкѣ начинается только на извѣстномъ разстояніи отъ источника лучей; это разстояніе тѣмъ больше, чѣмъ сильнѣе поглощающая способность экрана.

Зарядъ отклоняемыхъ лучей.—Какъ показалъ г. Перенъ⁴⁰⁾, катодные лучи заряжены отрицательнымъ электричествомъ. По опытамъ г. Перена и г. Ленарда⁴¹⁾ они способны переносить свой зарядъ сквозь отведенныя къ землѣ металлическія оболочки и сквозь непро-

водящія пластинки. Всюду, гдѣ поглощаются катодные лучи, происходитъ непрерывное развитіе отрицательнаго электричества. Мы убѣдились, что то же имѣетъ мѣсто для отклоняемыхъ радіевыхъ лучей β . Отклоняемые лучи β заряжены отрицательнымъ электричествомъ ⁴²⁾.

Пусть радиоактивное вещество покрываетъ отведенную къ землѣ обкладку конденсатора, а другая обкладка, соединенная съ электрометромъ, воспринимаетъ и поглощаетъ лучи, испускаемые веществомъ. Если лучи заряжены, то надо было бы ожидать непрерывнаго теченія электричества къ электрометру. Дѣлая этотъ опытъ въ воздухѣ, мы не могли обнаружить заряда лучей; но въ такой формѣ опытъ не достаточно чувствителенъ. Благодаря лучамъ, воздухъ внутри обкладокъ получаетъ электропроводность, электрометръ перестаетъ быть изолированнымъ и можетъ обнаружить лишь довольно сильныя заряды.

Чтобы опыту не мѣшали лучи α , можно устранить ихъ, накрывая источникъ излученій тонкимъ металлическимъ экраномъ; это не мѣняетъ результата опытовъ *.

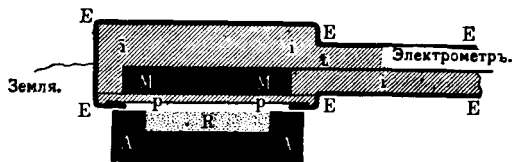
Съ столь же малымъ успѣхомъ повторяли мы этотъ опытъ (въ воздухѣ), пропуская лучи внутрь соединеннаго съ электрометромъ Фарадеева цилиндра **.

Уже на основаніи этихъ опытовъ можно было убѣдиться въ слабости заряда лучей, испускаемыхъ употребленнымъ препаратомъ.

Чтобы установить появленіе слабаго заряда на проводникѣ, поглощающемъ лучи, необходимо хорошо изолировать этотъ проводникъ; а для этого надо защитить его отъ соприкосновенія съ воздухомъ—либо помѣщая его въ обезвоздушенный сосудъ ⁴³⁾, либо окружая его хорошимъ твердымъ изоляторомъ. Мы употребили послѣдній способъ.

Проводящій дискъ ММ (черт. 6) сообщается при помощи металли-

Черт. 6.



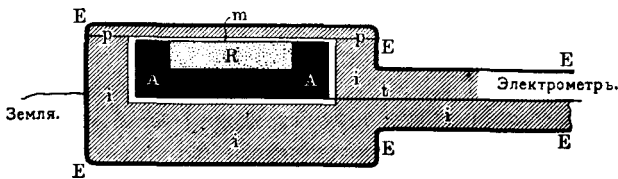
* Строго говоря, при этихъ опытахъ всегда замѣчается отклоненіе электрометра; но легко убѣдиться, что оно зависитъ отъ контактной электродвижущей силы между обкладкой, сообщенной съ электрометромъ, и сосѣдними проводниками. Вслѣдствіе электропроводности воздуха, пронизываемаго радіевыми лучами, эта электродвижущая сила производитъ отклоненіе электрометра.

** Примѣненіе Фарадеева цилиндра не является необходимымъ, но оно могло бы доставить нѣкоторую выгоду, если бы лучи подвергались сильному диффузному

ческаго стержня t съ электрометромъ; дискъ и стержень со всѣхъ сторонъ окружены изолирующей средой iii ; все окружено металлической оболочкой $EEEE$, отведенной къ землѣ. По одну сторону диска изолирующій слой очень тонокъ, металлическая оболочка pp —также. Эта сторона подвергается излученіямъ, исходящимъ изъ содержащей радій баріевой соли R , которая помѣщена въ свинцовомъ сосудѣ AA *. Испускаемые радіемъ лучи пронизываютъ металлическую оболочку pp и изолирующій слой и поглощаются металлическимъ дискомъ MM . Такимъ образомъ послѣдній является ареной непрерывнаго и постояннаго развитія отрицательнаго электричества, которое обнаруживается электрометромъ и можетъ быть измѣрено съ помощью пьезоэлектрическаго кварца.

Происходящій такимъ образомъ токъ очень слабъ. Употребляя весьма активный хлоридъ барія-радія въ видѣ слоя въ $2\frac{1}{2}$ кв. центим. площади и 0.2 центим. толщины, получаемъ силу тока около одной стобиліонной (10^{-11}) ампера; при этомъ лучи, прежде чѣмъ быть по-

Черт. 7.



глошенными дискомъ MM , проходятъ сквозь слой алюминія въ 0.01 мм. толщины и слой эбонита въ 0.3 мм. толщины.

Дискъ MM мы послѣдовательно дѣлали изъ свинца, мѣди и цинка, изолирующій слой изъ эбонита и парафина; результаты были одни и тѣ же. Токъ становится слабѣе съ удаленіемъ источника лучей R ; также—въ случаѣ если употребляютъ препаратъ болѣе слабый.

Тѣ же самые результаты мы получили, замѣнивъ дискъ MM Фарадеевымъ цилиндромъ, который былъ наполненъ воздухомъ, а снаружи окруженъ изолирующей средой. Закрытое тонкимъ слоемъ изолятора отверстіе цилиндра было расположено насупротивъ источника лучей.

Наконецъ мы произвели и обратный опытъ, состоящій въ томъ,

отраженію отъ встрѣчаемыхъ стѣнокъ: можно было бы надѣяться уловить и использовать разсѣянные лучи.

* Изолирующій слой долженъ быть совершенно непрерывенъ. Каждая наполненная воздухомъ щель между внутреннимъ проводникомъ и металлической оболочкой является причиной тока, зависящаго отъ контактныхъ электродвижущихъ силъ и осуществляющагося благодаря электропроводности воздуха подъ дѣйствіемъ радія.

что свинцовый сосудъ съ радіемъ окружается изоляторомъ и приводится въ сообщеніе съ электрометромъ (черт. 7), а все это вмѣстѣ окружается металлической оболочкой, отведенной къ землѣ. Въ этихъ условіяхъ при помощи электрометра обнаруживается, что радій получаетъ положительный зарядъ той же величины, каковъ былъ зарядъ отрицательный въ прежнемъ опытѣ. Лучи радія проходятъ черезъ тонкую діэлектрическую пластинку рр, унося отрицательное электричество съ проводника, находящагося внутри.

Въ этихъ опытахъ радіевы лучи α не обнаруживаютъ своего вліянія вслѣдствіе того, что они почти сполна поглощаются самымъ тонкимъ слоемъ твердаго вещества. Описанный методъ не годится для изслѣдованія заряда полоніевыхъ лучей, такъ какъ они, подобно лучамъ α , обладаютъ весьма малой поглощающей способностью. Употребляя въ качествѣ источника лучей полоній, дающій только лучи α , мы не замѣтили ни слѣда заряженія; однако, по только что указанному основанію, изъ этого опыта нельзя выводить заключеній.

Такимъ образомъ отклоняемые радіевы лучи β , подобно катоднымъ, переносятъ электричество. Но до сихъ поръ еще не было обнаружено существованія электрическихъ зарядовъ, которые не были бы связаны съ веществомъ. Поэтому при изученіи отклоняемыхъ радіевыхъ лучей β можно пользоваться той же теоріей, каковая въ настоящее время является принятой для катодныхъ лучей. По этой «баллистической» теоріи, предложенной серомъ У. Круксомъ, вслѣдствіи развитой и усовершенствованной г. Дж. Дж. Томсономъ, катодные лучи состоятъ изъ чрезвычайно тонкихъ частицъ, отбрасываемыхъ съ огромной скоростью съ катода и заряженныхъ отрицательнымъ электричествомъ. Такимъ же образомъ можно принять, что и радій посылаетъ въ пространство отрицательно заряженныя частицы.

Радіевъ препаратъ, заключенный въ тонкую, вполне изолирующую твердую оболочку, долженъ самъ собою заряжаться до весьма высокаго потенциала. По баллистической гипотезѣ этотъ потенциалъ долженъ увеличиваться до тѣхъ поръ, покуда разность потенциала препарата и окружающихъ проводниковъ не сдѣлается достаточно большой для того, чтобы препятствовать удаленію испускаемыхъ электрическихъ частицъ и возвращать ихъ къ источнику излученій*.

Опытъ, о которомъ идетъ рѣчь, былъ осуществленъ нами случайно. Очень активный препаратъ радія былъ съ давняго времени запаянъ въ стеклянную трубку. Чтобы раскрыть трубку, мы сдѣлали на ней черту ножомъ. Въ это мгновеніе мы явственно разслышали

* Такъ какъ изоляція никогда не бываетъ совершенна, то еще при слабыхъ степеняхъ заряженія устанавливается стационарное состояніе.

трескъ искры, а по изслѣдованіи стекла въ лупу оказалось, что на мѣстѣ черты оно было пробито искрой. Явленіе это совершенно подобно пробиванію слишкомъ сильно заряженной лейденской банки.

Такой же случай произошелъ съ другой трубкой. Г. Кюри, державшій ее въ рукахъ, даже ощутилъ въ пальцахъ электрической ударъ въ моментъ, когда проскакивала искра ⁴⁴⁾.

Нѣкоторые сорта стеколъ являются очень хорошими изоляторами. Хорошо запаивъ радій въ сдѣланную изъ такого стекла трубку, можно было бы ожидать, что въ опредѣленное время трубка окажется пробитой самопроизвольно.

Радій представляетъ собою первый примѣръ тѣла, которое самопроизвольно заряжается электричествомъ.

Дѣйствіе электрическаго поля на отклоняемые радіевы лучи β.— Такъ какъ отклоняемые радіевы лучи β подобны катоднымъ, то они должны, какъ и послѣдніе, отклоняться электрическимъ полемъ—такъ, какъ это свойственно отрицательно заряженной матеріальной частицѣ, летящей съ большой скоростью. Существованіе такого отклоненія обнаружили г. Дорнъ ⁴⁵⁾ и г. Бекерель ⁴⁶⁾ независимо другъ отъ друга.

Разсмотримъ лучъ, распространяющійся въ пространствѣ между двумя обкладками конденсатора. Направленіе его пусть будетъ параллельно обкладкамъ. Если образовать между ними электрическое поле, то лучъ на всемъ протяженіи l своего пути между обкладками будетъ подверженъ дѣйствию этого однороднаго поля. Въ результатъ этого воздѣйствія лучъ отклоняется къ положительной пластинкѣ и описываетъ дугу параболы; по выходѣ изъ поля онъ продолжаетъ свой путь прямолинейно, по направленію касательной къ дугѣ параболы въ послѣдней ея точкѣ. Этотъ лучъ можетъ быть принятъ на фотографическую пластинку, помещенную перпендикулярно къ первоначальному его направленію. Наблюдаютъ дѣйствіе луча на пластинку при полѣ равномъ нулю и при нѣкоторой силѣ поля F ; отсюда выводятъ величину отклоненія δ , представляющую разстояніе двухъ точекъ, въ которыхъ попадаетъ на пластинку лучъ не отклоненный и лучъ отклоненный. Если b есть разстояніе пластинки отъ конденсатора, т. е. отъ границы поля, то простой расчетъ даетъ слѣдующее соотношеніе:

$$\delta = \frac{eFl(l/2 + b)}{mv^2}$$

гдѣ m — масса движущейся частицы, e — ея зарядъ, и v — ея скорость.

Опыты г. Бекереля позволили ему приближенно опредѣлять δ .

Отношеніе заряда испускаемой радіемъ отрицательно заряженной частицы къ ея массѣ.—Если частица, имѣющая массу m и отрицательный зарядъ e , летитъ со скоростью v въ однородномъ магнитномъ полѣ, перпендикулярномъ къ направленію ея начальной скорости, то она будетъ описывать въ плоскости, проходящей черезъ начальную скорость и перпендикулярной къ полю, дугу круга съ радіусомъ ρ , опредѣляемымъ изъ соотношенія:

$$H\rho = m v/e$$

гдѣ H означаетъ силу поля. Если для одного и того же луча измѣнены электрическое отклоненіе δ и радіусъ траекторіи ρ въ магнитномъ полѣ, то изъ совокупности обоихъ опытовъ можно высчитать отношеніе e/m и скорость v .

Опыты г. Бекереля дали первое указаніе по этому вопросу. Для e/m получилось приближенное значеніе въ 10^7 абсолютныхъ электромагнитныхъ единицъ, для v значеніе въ 1.6×10^{10} сантим. въ секунду. Порядокъ этихъ чиселъ тотъ же что для катодныхъ лучей.

Точныя изслѣдованія по этому вопросу принадлежатъ г. Кауфману ⁴⁷⁾. Онъ подвергалъ очень тонкій пучокъ радіевыхъ лучей совмѣстному воздѣйствію электрическаго и магнитнаго поля: то и другое поле было однородно, и оба имѣли одно и то же направленіе—перпендикулярное къ первоначальному направленію пучка. По одну сторону поля помѣщался источникъ лучей; по другую—перпендикулярно къ первоначальному направленію лучей—помѣщалась фотографическая пластинка. Получаемое на ней изображеніе имѣло форму кривой, каждая точка которой соотвѣтствуетъ одному изъ лучей первоначальнаго (сложнаго) пучка. При этомъ наиболѣе проникающими и наименѣе отклоняемыми являются лучи, имѣющіе наибольшую скорость.

Изъ опытовъ г. Кауфмана слѣдуетъ, что для радіевыхъ лучей, скорость которыхъ значительно больше скорости катодныхъ, отношеніе e/m убываетъ съ увеличеніемъ скорости.

Въ соотвѣствіе съ работами Дж. Дж. Томсона ⁴⁸⁾ и Тоунсенда ⁴⁹⁾ мы должны принять, что представляющая лучъ движущаяся частица обладаетъ зарядомъ, равнымъ тому, который переносится водороднымъ атомомъ при электролизѣ; этотъ зарядъ для всѣхъ лучей одинаковъ. На этомъ основаніи слѣдуетъ заключить, что масса частицъ тѣмъ больше, чѣмъ больше ихъ скорость.

Далѣе. Теоретическія соображенія приводятъ къ воззрѣнію, что инерція частицы обусловлена движущимся зарядомъ ея, такъ какъ скорость элементарнаго заряда, находящагося въ движеніи, не можетъ быть измѣнена безъ затраты работы. Иными словами: инерція частицы имѣетъ электромагнитное происхожденіе, а масса частицы является—

по крайней мѣрѣ отчасти — масой кажущейся или масой электромагнитной *. Г. Абрамъ ⁵⁰⁾ идетъ далѣе и допускаетъ, что маса частицы сполна имѣетъ электромагнитное происхождение. Если въ этомъ предположеніи вычислить масу m , соответствующую данной скорости v , то оказывается, что m безконечно велика, если v очень близка къ скорости свѣта, и что m пріобрѣтаетъ постоянную величину, если скорость v мала сравнительно съ скоростью свѣта. Опыты г. Кауфмана согласуются съ этой теоріей, которая имѣетъ большую важность, такъ какъ позволяетъ предвидѣть возможность обоснованія началъ Механики на Динамикѣ весьма малыхъ движущихся зарядовъ **.

Слѣдующая табличка *** содержитъ числа, полученные г. Кауфманомъ для e/m и для $v^{51)}$.

$v \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$	e/m въ электромагнитныхъ единицахъ	
	изъ наблюдений	вычислено на основаніи величины v
2.90×10^{10}	0.692×10^7	0.722×10^7
2.82 »	0.835 »	0.861 »
2.74 »	0.972 »	0.953 »
2.60 »	1.07 »	1.08 »
2.48 »	1.16 »	1.18 »
2.36 »	1.24 »	1.25 »
2.24 »	1.29 »	1.32 »
2.12 »	1.33 »	1.38 »
0.53 »	1.86;****)	1.78 »
0 »	—	1.80 »

Изъ своихъ опытовъ г. Кауфманъ заключилъ, что предѣльное значеніе e/m для радіевыхъ лучей сравнительно малой скорости (если бы таковые наблюдались) должно было бы имѣть ту же величину, что для лучей катодныхъ.

Г. Кауфманъ произвелъ свои чрезвычайно обстоятельныя измѣренія при помощи доставленнаго ему нами маленькаго зернышка чистаго хлористаго радія.

По опытамъ г. Кауфмана, нѣкоторая доля радіевыхъ лучей β имѣетъ скорость, очень близкую къ скорости свѣта. Понятно, что

* Ср. О. Лоджъ, Современныя взгляды на матерію, пер. съ англ. А. Бачинскаго. Перев.

** Нѣкоторыя подробности объ этомъ, а также весьма полное изслѣдованіе, относящееся къ заряженнымъ центрамъ (электронамъ или корпускуламъ) и снабженное цитатами изъ соответствующихъ работъ, можно найти въ диссертации г. Ланжевена (Paris, Gauthier-Villars, 1902).

*** Эта табличка, заимствованная изъ нѣмецкаго перевода, является болѣе обстоятельной, чѣмъ приведенная въ оригиналѣ. Перев.

**** Изъ наблюдений Симона ⁵²⁾ надъ катодными лучами.

эти столь быстрые лучи обладают весьма большой проникающей способностью по отношенію къ матеріи.

Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи α . — Недавно г. Рёзерфордъ ⁵³⁾ сообщилъ, что въ очень сильномъ магнитномъ или электрическомъ полѣ радіевы лучи α даютъ слабое отклоненіе — такое, какое обнаруживали бы быстро движущіяся частицы, заряженныя положительно. Изъ своихъ опытовъ г. Рёзерфордъ заключаетъ, что скорость лучей α составляетъ примѣрно 2.5×10^9 центим. въ секунду, а отношеніе e/m — примѣрно 6000, т. е. оно въ 10000 разъ меньше чѣмъ для отклоняемыхъ лучей β . Ниже будетъ показано, что эти выводы г. Рёзерфорда согласуются съ извѣстными до сихъ поръ свойствами лучей α и по крайней мѣрѣ отчасти объясняютъ законъ поглощенія ихъ.

Опыты г. Рёзерфорда были подтверждены г. Бекерелемъ ⁵⁴⁾. Далѣе г. Бекерель показалъ, что лучи полонія въ магнитномъ полѣ обнаруживаютъ тѣ же черты, какъ радіевы лучи α и при одинаковой силѣ поля получаютъ повидимому одинаковую съ ними кривизну. Изъ опытовъ г. Бекереля повидимому также вытекаетъ, что лучи α въ магнитномъ полѣ не разсѣваются, а сохраняютъ свойства однороднаго излученія, т. е. всѣ отклоняются въ одинаковой степени ⁵⁵⁾.

Г. Де Кудръ измѣрилъ электрическое и магнитное отклоненіе радіевыхъ лучей α въ пустотѣ. Онъ нашелъ, что скорость ихъ v составляетъ 1.65×10^9 центим. въ секунду, а отношеніе заряда къ массѣ e/m составляетъ 6400 электромагнитныхъ единицъ. Такимъ образомъ скорость лучей α примѣрно въ 20 разъ менѣе скорости свѣта. Отношеніе e/m является здѣсь величиной того же порядка, какъ для водорода въ явленіяхъ электролиза, гдѣ имѣемъ $e/m = 9650$. Поэтому если допустимъ, что зарядъ каждой летящей частицы равенъ заряду водороднаго атома при электролизѣ, то придется заключить, что масса этой частицы является величиной того же порядка, что масса водороднаго атома.

Но мы видѣли, что для катодныхъ лучей и для самыхъ медленныхъ лучей β радія отношеніе e/m составляетъ 1.865×10^7 ; такимъ образомъ здѣсь это отношеніе примѣрно въ 2000 разъ больше, чѣмъ въ явленіяхъ электролиза. Поэтому если предположить, что зарядъ отрицательной частицы равенъ заряду водороднаго атома, то предѣльная масса ея (соотвѣтствующая сравнительно небольшимъ скоростямъ) будетъ приблизительно въ 2000 разъ менѣе массы водороднаго атома.

Итакъ, тѣльца, образующія лучи β , являются одновременно и болѣе мелкими и болѣе быстрыми, чѣмъ тѣльца, образующія лучи α .

Поэтому легко понять, что первые обладают гораздо болѣе значительной проникающей способностью, чѣмъ вторыя.

Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи другихъ радиоактивныхъ веществъ.— Ранѣе было указано, что радій испускаетъ 3 сорта лучей: лучи α (сродные «трубчатымъ»), лучи β (сродные катоднымъ) и не отклоняемые, проникающіе лучи γ . Полоній испускаетъ только лучи α . Изъ другихъ радиоактивныхъ тѣлъ активній обнаруживаетъ повидимому сходство съ радіемъ; но излученія этого тѣла далеко не столь изслѣдованы какъ излученія радія. Относительно тѣлъ слабо радиоактивныхъ теперь извѣстно, что уранъ и торій испускаютъ какъ лучи α , такъ и лучи β (Бекерель, Резерфордъ).

Содержаніе отклоняемыхъ лучей β въ радіевыхъ излученіяхъ.— Какъ уже сказано, процентное содержаніе лучей β возрастаетъ по мѣрѣ удаленія отъ источника излученій. Однако изолированно эти лучи никогда не встрѣчаются: и на большихъ разстояніяхъ всегда наблюдается присутствіе лучей γ . Присутствіе въ излученіяхъ радія не отклоняемыхъ, весьма проникающихъ лучей было впервые замѣчено г. Виларомъ⁵⁶). Эти лучи составляютъ лишь небольшую часть излученія (если производить измѣренія по электрическому методу), и присутствіе ихъ ускользнуло отъ насъ при нашихъ первыхъ опытахъ, такъ что мы тогда неосновательно считали, что на большихъ разстояніяхъ излученіе состоитъ только изъ отклоняемыхъ лучей.

Ниже даются числовые результаты опытовъ, произведенныхъ по электрическому методу при помощи прибора, соответствующаго изображенному на черт. 5.

Радій былъ отдѣленъ отъ конденсатора только окружающимъ воздухомъ. Я означаю буквой d разстояніе источника лучей отъ конденсатора. Если принять за 100 силу тока, получаемаго для каждой величины разстоянія помимо магнитнаго поля, то числа второй строки дадутъ токъ, получаемый при возбужденіи поля. Эти числа могутъ быть разсматриваемы какъ показатель процентнаго содержанія лучей α и γ въ совокупности, такъ какъ отклоненіе лучей α при употреблявшемся нами устройствѣ почти не могло быть замѣтно.

На большихъ разстояніяхъ лучей α уже не бываетъ: не отклоняемая радіація состоитъ изъ однихъ лучей γ .

Результаты опытовъ на маломъ разстояніи:

d въ сантиметрахъ	3.4	5.1	6.0	6.5
Процентъ не отклоняемыхъ лучей	74	56	33	11

Результаты опытовъ, произведенныхъ на большихъ разстояніяхъ и съ гораздо болѣе активнымъ препаратомъ:

d въ сантиметрахъ	14	30	53	80	98	124	157
Процентъ не отклоняемыхъ лучей	12	14	17	14	16	14	11

Отсюда видно, что начиная съ извѣстнаго разстоянія содержаніе не отклоняемыхъ лучей въ радіаціяхъ остается приблизительно постояннымъ. По всей вѣроятности, всѣ эти лучи принадлежать къ типу γ . Неправильный ходъ чиселъ во второй строкѣ не можетъ имѣть большого значенія, если замѣтимъ, что полныя силы тока въ обоихъ крайнихъ опытахъ относились какъ 660 къ 10. Измѣренія удалось довести до разстоянія въ 1.57 метра отъ источника лучей; теперь мы были бы въ состояніи итти еще далѣе.

Въ слѣдующей серіи опытовъ радій содержался въ очень узкой стеклянной трубкѣ, которая находилась подъ конденсаторомъ и была паралельна его обкладкамъ. Испускаемые лучи, прежде чѣмъ достигнутъ конденсатора, должны были пройти черезъ слой стекла и воздуха.

d въ сантиметрахъ	2.5	3.3	4.1	5.9	7.5	9.6	11.3	13.9	17.2
Процентъ не отклоняемыхъ лучей	33	33	21	16	14	10	9	9	10

Какъ и въ предыдущихъ опытахъ, числа второй строки по мѣрѣ увеличенія разстоянія d стремятся къ нѣкоторой постоянной величинѣ; но предѣлъ этотъ, можно сказать, достигается при разстояніяхъ меньшихъ нежели въ предыдущихъ опытахъ, такъ какъ лучи α поглощаются стекломъ сильнѣе чѣмъ лучи β и γ .

Подобно этому слѣдующій опытъ показываетъ, что тонкій ($\frac{1}{100}$ милиметра толщины) слой алюминія поглощаетъ главнымъ образомъ лучи α . При разстояніи въ 5 центим. между препаратомъ и конденсаторомъ было найдено (путемъ возбужденія магнитнаго поля), что содержаніе лучей отличныхъ отъ β составляло 71%. Когда препаратъ былъ накрытъ алюминіевымъ листкомъ, то при томъ же разстояніи оказалось, что проходящія лучи почти сполна отклоняются магнитнымъ полемъ, такъ какъ лучи α поглощены листкомъ. Тотъ же результатъ получаемъ, употребляя въ качествѣ поглощающаго экрана бумагу.

Наибольшая часть излученія состоитъ изъ лучей α , которые по всей вѣроятности испускаются главнымъ образомъ поверхностнымъ слоемъ излучающаго вещества. Если измѣняется толщина излучающаго слоя, то въ томъ же смыслѣ мѣняется и сила тока; для всей совокупности радіацій это измѣненіе не является пропорціональнымъ толщинѣ слоя; для лучей β оно гораздо значительнѣе чѣмъ для лучей α , такъ что относительное количество лучей β возрастаетъ съ увеличеніемъ толщины слоя. Если источникъ радіацій находится на разстояніи 5 центим. отъ конденсатора, то при толщинѣ активнаго слоя въ 0.4 мм. оказывается, что полное излученіе представляется числомъ 28,

а содержаніе лучей β составляет 29%. Если употребить слой въ 2 мм. толщины, то есть въ 5 разъ толще, то полное излученіе равно 102, а содержаніе отклоняемыхъ лучей β — 45%. Такимъ образомъ при этомъ полное излученіе увеличивается въ 3.6 раза, а количество отклоняемыхъ лучей β — приблизительно въ 5 разъ.

Упомянутые выше опыты были произведены по электрическому способу. Результаты, которые даетъ радиографическій методъ, отчасти стоятъ въ кажущемся противорѣчій съ предыдущимъ. Въ опытахъ г. Вилара пучокъ радіевыхъ лучей, подверженный дѣйствию магнитнаго поля, воспринимался стопой фотографическихъ пластинокъ. Не отклоняемый, проникающій пучокъ γ пронизывалъ всѣ пластинки, отмѣчая на всѣхъ свой слѣдъ. Отклоняемый пучокъ β дѣйствовалъ только на первую пластинку: такимъ образомъ онъ повидимому не содержалъ лучей съ большой проникающей способностью.

Вопреки этому, въ нашихъ опытахъ распространяющійся въ воздухѣ пучокъ на самыхъ большихъ разстояніяхъ, допускающихъ наблюденіе, состоитъ приблизительно на $\frac{9}{10}$ изъ отклоняемыхъ лучей β ; то же происходитъ, если источникъ лучей запаянъ въ маленькую стеклянную трубку. Въ опытахъ г. Вилара эти отклоняемые, проникающіе лучи β не дѣйствуютъ уже на вторую и слѣдующія пластинки, потому что первымъ встрѣчаемымъ или твердымъ препятствіемъ значительная часть ихъ разсѣвается во всѣ стороны, и они перестаютъ образовывать пучокъ. Въ нашихъ опытахъ испускаемые радіемъ, проходившіе сквозь стеклянные стѣнки трубки лучи разсѣвались по всей вѣроятности уже стекломъ; но такъ какъ трубка была очень мала, то она сама являлась источникомъ исходящихъ изъ ея поверхности отклоняемыхъ лучей β , и мы могли наблюдать ихъ до большихъ удаленій отъ трубки.

Катодные лучи Круксовыхъ трубокъ могутъ проходить лишь сквозь очень тонкіе экраны (алюминіевы листки до $\frac{1}{100}$ мм. толщины). Пучокъ лучей, падающій на экранъ отвѣсно, разсѣвается во всѣ стороны; но разсѣяніе тѣмъ менѣе значительно, чѣмъ тоньше экранъ, и при очень тонкомъ экранѣ получается проходящій пучокъ, замѣтно являющійся продолженіемъ пучка падающаго ⁵⁷⁾.

Подобнымъ образомъ ведутъ себя отклоняемые радіевы лучи β ; однако здѣсь измѣненіе, испытываемое пучкомъ при экранѣ той же толщины, гораздо менѣе значительно. По опытамъ г. Бекереля очень сильно отклоняемые радіевы лучи β (то есть тѣ, скорость которыхъ сравнительно мала) сильно разсѣваются алюминіевымъ экраномъ въ $\frac{1}{10}$ мм. толщины; но лучи болѣе проникающіе и менѣе отклоняемые (подобные катоднымъ съ большой скоростью) проходятъ сквозь тотъ же экранъ безъ замѣтнаго разсѣянія и безъ деформации пучка,

каковъ бы ни былъ наклонъ ихъ по отношенію къ экрану. Очень быстрые лучи β проходятъ не разсѣваясь черезъ довольно толстый (въ нѣсколько сантиметровъ) слой парафина, такъ что является возможность прослѣдить внутри такого слоя искривленіе пучка подѣ дѣйствіемъ магнитнаго поля. Чѣмъ толще слой, чѣмъ болѣе поглощающими свойствами обладаетъ вещество его, тѣмъ болѣе измѣняется первоначальный отклоняемый пучокъ, ибо по мѣрѣ возрастанія толщины слоя начинаютъ подвергаться разсѣянію все болѣе проникающіе виды лучей.

Воздухъ также разсѣваетъ радіевы лучи β (это становится весьма замѣтнымъ въ случаѣ сильно отклоняемыхъ лучей), однако далеко не въ такой степени, какъ твердыя тѣла при той же толщинѣ слоя. Поэтому радіевы отклоняемые лучи β распространяются въ воздухѣ на большія разстоянія.

Проницающая способность лучей радиоактивныхъ веществъ.—Съ самаго начала изслѣдованій надѣ радиоактивными веществами вниманіе изслѣдователей обращалось къ поглощенію радіацій различными экранами. Въ одной изъ первыхъ замѣтокъ объ этомъ я опубликовала ⁵⁸⁾ нѣкоторыя числа, приведенныя въ началѣ настоящаго сочиненія и указывающія относительную проникающую способность лучей урана и торія. Г. Резерфордъ ⁵⁹⁾ болѣе подробно изслѣдовалъ урановы излученія и доказалъ ихъ неоднородность. Г. Оуенсъ ⁶⁰⁾ пришелъ къ тому же заключенію относительно лучей торія. Какъ скоро были открыты сильно активныя вещества, тотчасъ проникающая способность лучей ихъ была изслѣдована нѣсколькими физиками (Бекерель ⁶¹⁾, Мейеръ и ф. Швейдлеръ ⁶²⁾, Кюри, Резерфордъ). Первые же наблюденія обнаружили неоднородность излученій, которая повидимому является общимъ свойствомъ всѣхъ радиоактивныхъ веществъ. Мы имѣемъ здѣсь дѣло съ источниками цѣлыхъ группъ радіацій, гдѣ каждый лучъ имѣетъ свою особенную проникающую способность. Вопросъ еще усложняется отъ необходимости изслѣдовать, въ какой мѣрѣ можетъ видоизмѣниться природа излученій при прохожденіи черезъ матеріальныя тѣла, и отъ того, что по этой причинѣ каждая серія измѣреній имѣетъ опредѣленный смыслъ лишь для данныхъ условій опыта.

Имѣя въ виду эти ограниченія, можемъ попытаться сопоставить различныя опыты и изложить совокупность ихъ результатовъ.

Радиоактивныя тѣла испускаютъ излученія, распространяющіяся въ воздухѣ и въ пустотѣ; распространеніе происходитъ по прямымъ линіямъ: это доказывается рѣзкостью и видомъ тѣней, которыя получаютъ, если между источникомъ и пріемникомъ (фотографическая пластинка, флуоресцирующій экранъ) помѣщать непрозрачныя для лучей

тѣла (причемъ размѣры источника должны быть малы сравнительно съ разстояніемъ его отъ пріемника). Различные опыты, доказывающіе прямолинейность распространенія лучей урана, радія и полонія, были выполнены г. Бекерелемъ ⁶³).

Представляетъ интересъ опредѣленіе разстоянія, на которое могутъ распространяться лучи отъ источника (въ воздухѣ). Радій—какъ мы убѣдились—испускаетъ лучи, которые можно наблюдать въ воздухѣ на разстояніи въ нѣсколько метровъ. Въ нѣкоторыхъ изъ нашихъ электрическихъ опытовъ вліяніе излученій на воздушный слой конденсатора еще имѣло мѣсто на разстояніи 2—3 метровъ отъ источника. И флуороскопическія и радиографическія дѣйствія мы получили на разстояніяхъ одного и того же порядка. Эти опыты легко удаются только съ очень интенсивными источниками, такъ какъ, отвлекаясь отъ поглощенія лучей воздухомъ, дѣйствіе на данный пріемникъ измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній (при малыхъ размѣрахъ источника). Излученіе, распространяющееся на большія разстоянія отъ радія, содержитъ какъ лучи, сходные съ катодными, такъ и не отклоняемые лучи; согласно изложеннымъ выше опытамъ, лучи отклоняемые преобладаютъ. Наибольшая же часть излученія (лучи α) не распространяется въ воздухѣ далѣе 7 центим. (приблизительно) отъ источника.

Я произвела нѣсколько опытовъ съ радіемъ, запаяннымъ въ небольшомъ стеклянномъ сосудѣ. Выходящіе изъ этого сосуда лучи пронизывали извѣстную толщѣ воздуха и попадали въ конденсаторъ, который служилъ для измѣренія іонизирующей способности ихъ по обычному электрическому способу. Разстояніе d источника отъ конденсатора мѣнялось; подвергался измѣренію токъ насыщенія, получаемый въ конденсаторѣ. Вотъ результаты одной серіи измѣреній:

d центим.	i	$i \times d^2 \times 10^{-3}$
10	127	13
20	38	15
30	17.4	16
40	10.5	17
50	6.9	17
60	4.7	17
70	3.8	19
100	1.65	17

Постоянство чиселъ послѣдняго столбца показываетъ, что начиная съ извѣстнаго разстоянія интенсивность радіацій мѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія отъ конденсатора.

Лучи полонія распространяются въ воздухѣ лишь на разстояніе нѣсколькихъ (4—6) центиметровъ отъ источника.

Разсматривая поглощеніе лучей твердыми тѣлами, мы находимъ и здѣсь существенное различіе между радіемъ и полоніемъ. Радій испускаетъ лучи, которые могутъ проходить сквозь толстые слои твердаго вещества, напримѣръ черезъ нѣсколько сантиметровъ свинца или стекла ⁶⁴). Лучи, прошедшіе сквозь толстый слой твердаго вещества, являются чрезвычайно проникающими, и ихъ на практикѣ вообще нельзя сполна поглотить чѣмъ бы то ни было. Но эти лучи образуютъ лишь малую долю полного излученія, которое, напротивъ, по большей части поглощается тонкимъ слоемъ твердаго вещества.

Что касается полонія, то онъ испускаетъ чрезвычайно поглощаемые лучи, проходящіе лишь сквозь очень тонкіе слои твердыхъ тѣлъ.

Для примѣра я даю нѣсколько чиселъ, относящихся къ поглощенію лучей листкомъ алюминія въ $\frac{1}{10}$ милим. толщины. Этотъ листокъ покрывалъ собою вещество и почти находился съ нимъ въ соприкосновеніи. Излученіе непосредственное и излученіе проходящее черезъ листокъ были измѣрены по электрическому методу (черт. 1); во всѣхъ случаяхъ замѣтнымъ образомъ достигался токъ насыщенія. Буквой а я обозначаю активность излучающаго вещества, принимая активность урана за единицу.

	а	Проходящая черезъ листокъ доля излученія
Хлористый барій съ содержаніемъ радія . . .	57	0.32
Бромистый " " " " . . .	43	0.30
Хлористый " " " " . . .	1200	0.30
Сѣрнокислый " " " " . . .	5000	0.29
" " " " " " . . .	10000	0.32
Металлическій висмутъ-полоній		0.22
Урановыя соединенія		0.20
Торіевы соединенія въ тонкомъ слое		0.38

Отсюда видно, что соединенія, содержащія радій, несмотря на различіе въ ихъ природѣ и различную степень ихъ активности, даютъ вполне аналогичные результаты, какъ уже было мною указано въ началѣ этого сочиненія для соединеній урана и торія. Видно также, что если имѣть въ виду всю совокупность радіацій, то для разсматриваемаго поглощающаго слоя различныя излучающія вещества могутъ быть расположены по убывающей проникающей способности ихъ лучей въ слѣдующемъ порядкѣ: торій, радій, полоній, уранъ.

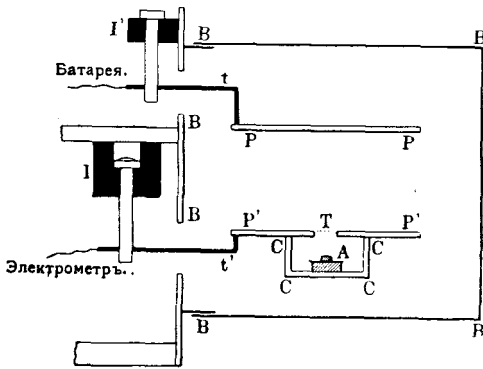
Эти результаты согласуются съ тѣми, которые были опубликованы г. Резерфордомъ ⁶⁵) въ работѣ, посвященной тому же вопросу. Г. Резерфордъ находитъ такой же рядъ для случая, когда поглощающимъ веществомъ является воздухъ. Однако рядъ этотъ по всей вѣроятности не имѣетъ безусловнаго значенія, а стоитъ въ нѣкоторой зависимости отъ природы и толщины разсматриваемаго

экрана. И въ самомъ дѣлѣ, опытъ показываетъ, что законъ поглощенія является весьма различнымъ для полонія и для радія, и что въ случаѣ радія необходимо разсматривать поглощеніе лучей каждой изъ трехъ группъ въ отдѣльности.

Полоній является особенно пригоднымъ для изслѣдованія лучей α : принадлежаще намъ препараты никакихъ другихъ лучей не испускаютъ. Одну изъ первыхъ серийъ опытовъ я произвела съ свѣже добытыми и въ высокой степени активными полоніевыми препаратами. Я нашла ⁶⁶⁾, что лучи полонія поглощаются тѣмъ сильнѣе, чѣмъ болѣе толстый слой матеріи прошли они уже. Этотъ своеобразный законъ поглощенія стоитъ въ разногласіи съ тѣмъ, что извѣстно для другихъ излученій.

Для этого изслѣдованія я пользовалась нашимъ электрическимъ измѣрительнымъ аппаратомъ въ слѣдующей формѣ: обкладки конденсатора PP и P'P' (черт. 8)

Чер. 8.



расположены горизонтально и защищены отведеннымъ къ землѣ металлическимъ ящикомъ BWWW. Активное тѣло A находится въ толстостѣнной металлической коробкѣ CCCC, прикрѣпленной къ обкладкѣ P'P', и дѣйствуетъ на воздухъ въ конденсаторѣ сквозь металлическую сѣтку T; на возбужденіе тока идутъ лишь лучи, прошедшіе черезъ металлическую ткань, такъ какъ

здѣсь кончаются силовыя линіи поля. Разстояніе AT между активнымъ тѣломъ и сѣткой можетъ быть измѣняемо. Поле между пластинками осуществляется съ помощью батареи; сила тока измѣряется съ помощью электрометра и пьезоэлектрическаго кварца.

Покрывая активное тѣло A различными экранами и измѣняя разстояніе AT, можно мѣрить абсорпцію лучей, прошедшихъ болѣе или менѣе длинный путь въ воздухѣ.

Вотъ результаты, полученные для полонія. При извѣстной величинѣ разстоянія AT (4 см. и болѣе) тока нѣтъ: лучи не проникаютъ въ конденсаторъ. Съ уменьшеніемъ разстоянія AT прониканіе лучей въ конденсаторъ становится замѣтнымъ довольно внезапно: при нѣкоторомъ небольшомъ передвиженіи источника по направленію къ сѣткѣ T очень слабый токъ переходитъ въ очень замѣтный;

при дальнѣйшемъ уменьшеніи разстоянія АТ токъ возрастаетъ правильно.

Если излучающее вещество покрыто алюминіевымъ листкомъ въ $\frac{1}{100}$ мм. толщины, то вызываемая имъ абсорпція тѣмъ больше, чѣмъ больше разстояніе АТ.

Если на первый алюминіевый листокъ положить такой же другой, то каждый изъ нихъ поглощаетъ долю падающихъ на нихъ лучей; эта доля для второго листка больше чѣмъ для перваго, такъ что второй кажется поглощающимъ сильнѣе.

Слѣдующая табличка содержитъ въ первой строцѣ разстоянія между полоніемъ и сѣткой Т въ сантиметрахъ, во второй строцѣ процентъ лучей, пропущенный первымъ листкомъ, въ третьей строцѣ процентъ лучей, пропущенный двумя такими же листками.

Разстояніе АТ	3.5	2.5	1.9	1.45	0.5
Излученіе, пропускаемое первымъ листкомъ, въ %	0	0	5	10	25
Излученіе, пропускаемое двумя листками, въ %	0	0	0	0	0.7

Въ этихъ опытахъ разстояніе пластинокъ Р и Р' было 3 см. Изъ таблицы видно, что, кладя алюминіевый листокъ, мы ослабляемъ излученіе вдали въ большей степени чѣмъ вблизи.

Этотъ эффектъ на самомъ дѣлѣ еще рѣзче, чѣмъ это могло бы казаться на основаніи приведенныхъ чиселъ. Такъ напр. (см. таблицу) при разстояніи въ 0.5 см. сквозь экранъ проходитъ 25% всѣхъ лучей, распространяющихся дальше этого разстоянія, причемъ проникающая способность самыхъ крайнихъ (т.-е. дальше всего распространяющихся) лучей очень слаба. Если бы принимать во вниманіе лишь тѣ лучи, которые достигаютъ разстояній, ограниченныхъ предѣлами 0.5 и 1 см., то проникаемость оказалась бы еще большей. И въ самомъ дѣлѣ когда обкладки Р и Р' сближаются на разстояніе въ 0.5 см., то доля первоначальнаго излученія, пропускаемая однимъ алюминіевымъ листкомъ, составляетъ (при АТ=0.5 см.) 47%, а при двухъ листкахъ—5%.

Недавно я произвела новый рядъ опытовъ съ тѣми же полоніевыми препаратами, активность которыхъ успѣла значительно упасть, такъ какъ между обоими рядами опытовъ протекъ промежутокъ въ 3 года.

Въ прежнихъ опытахъ полоній примѣнялся въ видѣ азотистаго соединенія; въ новыхъ онъ состоялъ изъ металлическихъ зеренъ, полученныхъ сплавленіемъ этого соединенія съ ціанистымъ калиемъ.

Я убѣдилась, что излученіе полонія по существу сохранило свой характеръ, а также нашла нѣкоторые новые результаты. При различ-

ныхъ разстоянiяхъ АТ экранъ изъ четырехъ тонкихъ листковъ алюминiя пропускалъ ниже показанную долю излученiя:

Разстоянiе АТ въ сантиметрахъ	0	1.5	2.6
Пропущенный экраномъ процентъ излученiй	76	66	39

Далѣе я убѣдилась, что количество лучей, поглощаемое опредѣленнымъ экраномъ, возрастаетъ съ увеличенiемъ толщины слоя вещества, пройденнаго лучами уже передъ тѣмъ; однако это имѣетъ мѣсто лишь съ опредѣленнаго разстоянiя АТ. Если это разстоянiе равно нулю (такъ что полонiй расположенъ у самой сѣтки—виѣ или внутри конденсатора), то наблюденiе показываетъ, что каждый изъ нѣсколькихъ вмѣстѣ сложенныхъ одинаковыхъ экрановъ поглощаетъ одну и ту же долю падающихъ на него лучей, или иными словами: интенсивность излученiя является показательной функцией толщины пройденнаго слоя, какъ это было бы для однороднаго излученiя, природа котораго не мѣняется въ зависимости отъ проникаемой имъ среды.

Я сообщаю нѣкоторыя числовыя данныя этихъ опытовъ: при разстоянiи $АТ = 1\frac{1}{2}$ см. тонкiй алюминiевый листокъ пропускаетъ 0.51 падающихъ на него лучей, когда онъ одинъ, и только 0.34, когда ему предшествуетъ другой такой же листокъ.

Напротивъ, при разстоянiи $АТ = 0$ этотъ же листокъ пропускаетъ въ обоихъ случаяхъ одну и ту же долю падающаго на него излученiя, именно 0.71, то есть много больше чѣмъ въ первомъ случаѣ.

Слѣдующiя числа, полученныя съ слоемъ лежащихъ другъ на другѣ очень тонкихъ листковъ и при разстоянiи $АТ = 0$, показываютъ, какая доля падающихъ лучей была пропущена каждымъ листкомъ:

Девять очень тонкихъ мѣдныхъ листковъ.	Семь очень тонкихъ алюминiевыхъ листковъ.
0.72	0.69
0.78	0.94
0.75	0.95
0.77	0.91
0.70	0.92
0.77	0.93
0.69	0.91
0.79	
0.68	

Въ виду трудностей, связанныхъ съ примѣненiемъ очень тонкихъ поглощающихъ экрановъ и въ частности съ складыванiемъ ихъ до соприкосновенiя, числа каждаго столбца можно считать за постоянныя; лишь первое число столбца, соответствующаго алюминiю, говоритъ о болѣе сильномъ поглощенiи сравнительно съ другими числами.

Радіевы лучи α обнаруживают тот же характер как лучи полонія. Они могутъ быть наблюдаемы почти въ чистомъ видѣ, если магнитнымъ полемъ отбросить въ сторону гораздо сильнѣе отклоняемые лучи β ; лучи γ въ сравненіи съ лучами α играютъ, повидимому, незначительную роль. Однако такъ можно поступать лишь начиная съ извѣстнаго удаленія отъ источника. Въ одномъ опытѣ подобнаго рода были получены слѣдующіе результаты. Была измѣрена доля излученія, пропущенная алюминіевымъ листкомъ въ $\frac{1}{100}$ мм. толщины; листокъ этотъ находился всегда на томъ же мѣстѣ, надъ источникомъ и въ непосредственной близости его. При помощи аппарата, представленнаго на черт. 5, наблюдался токъ въ конденсаторѣ при различной величинѣ разстоянія AD—то съ экраномъ, то безъ экрана.

Разстояніе AD	6.0	5.1	3.4
Процентъ излученія, пропущенный алюминіемъ	3	7	24

Такимъ образомъ и здѣсь алюминіемъ всего сильнѣе поглощаются тѣ лучи, которые въ воздухѣ распространяются всего далѣе. Итакъ существуетъ широкая аналогія между поглощаемыми радіевыми лучами α и лучами полонія.

Напротивъ, отклоняемые лучи β и не отклоняемые, проникающіе лучи γ имѣютъ совершенно иную природу. опыты многихъ физиковъ, особенно гг. Мейера и ф. Швейдлера ⁶⁷⁾, наглядно показали, что если имѣть въ виду всю совокупность радіевыхъ излученій, то проникающая способность ихъ возрастаетъ съ увеличеніемъ толщины пройденнаго слоя, какъ это имѣетъ мѣсто для лучей Рѣнтгена. При этихъ опытахъ лучи α почти не играютъ роли, такъ какъ даже очень тонкій экранъ на практикѣ устраняетъ ихъ: проходятъ лишь съ одной стороны болѣе или менѣе разбѣянные лучи β , съ другой — лучи γ , которые повидимому аналогичны лучамъ Рѣнтгена.

Сообщаю нѣкоторые результаты относящихся сюда моихъ опытовъ. Радій запаянъ въ стеклянный сосудецъ. Распространяющіеся лучи проходятъ 30 см. въ воздухѣ и затѣмъ падаютъ на стопу стеклянныхъ пластинокъ, каждая въ 1.3 мм. толщины; первая пластинка пропускаетъ 49% падающихъ на нее лучей, вторая 84%, третья 85%.

Въ другомъ рядѣ опытовъ радій находился въ стеклянномъ сосудцѣ на разстояніи 10 см. отъ конденсатора, служившаго пріемникомъ лучей. На сосудецъ положена была стопа одинаковыхъ свинцовыхъ пластинокъ, каждая въ 0.115 мм. толщины. Отношеніе пропущенныхъ радіацій къ падающимъ для каждой пластинки по порядку представляется слѣдующимъ рядомъ чиселъ:

0.40 0.60 0.72 0.79 0.89 0.92 0.94 0.94 0.97

Для четырехъ свинцовыхъ щитовъ, каждый въ $1\frac{1}{2}$ мм. толщины— получились такія отношенія количества пропущенныхъ радіацій къ количеству падающихъ:

0.09 0.78 0.84 0.82

Изъ этихъ опытовъ вытекаетъ, что при увеличеніи толщины слоя свинца отъ $\frac{1}{10}$ мм. до 6 мм. проникающая способность лучей непрерывно возрастаетъ. При тѣхъ же условіяхъ опыта я нашла, что свинцовый щитъ въ 1.8 см. толщины пропускаетъ 2% падающихъ на него радіацій; свинцовый щитъ въ 5.3 см. толщины пропускаетъ еще 0.4% падающихъ лучей. Я убѣдилась далѣе, что радіаціи, пропущенныя свинцовымъ экраномъ въ $1\frac{1}{2}$ мм. толщины, содержатъ большое количество отклоняемыхъ лучей (типа катодныхъ). Такимъ образомъ эти послѣдніе въ состояніи не только распространяться на большія разстоянія въ воздухѣ, но также проникать сквозь значительную толщю такихъ сильно поглощающихъ твердыхъ тѣлъ какъ свинець.

Если съ помощью аппарата, представленнаго на черт. 5, изучаютъ поглощающее дѣйствіе, оказываемое на всю совокупность радисвыхъ излученій алюминіевымъ листкомъ въ $\frac{1}{100}$ мм. толщины, причемъ листокъ остается все время на одномъ и томъ же разстояніи отъ излучающаго вещества, а разстояніе AD до конденсатора измѣняется, то получаемый результатъ представляетъ собой совмѣшеніе результатовъ, соответствующихъ каждому изъ трехъ видовъ лучей. Если наблюденіе производится при большемъ разстояніи AD, то проникающіе лучи получаютъ перевѣсъ,—абсорпція слаба; если наблюдаютъ при маломъ разстояніи, то преимущество получаютъ лучи α и абсорпція обнаруживается тѣмъ слабѣе, чѣмъ ближе къ источнику; при нѣкоторомъ среднемъ разстояніи абсорпція имѣетъ максимумъ, а проникающая способность—минимумъ.

Разстояніе AD	7.1	6.5	6.0	5.1	3.4
Процентъ радіацій, пропускаемый алюминіемъ . .	91	82	58	41	48

Тѣмъ не менѣе нѣкоторые опыты, относящіеся къ абсорпціи, обнаруживаютъ извѣстную аналогію между лучами α и отклоняемыми лучами β . Такъ напр. г. Бекерель нашель, что поглощающее дѣйствіе твердаго экрана на лучи β возрастаетъ съ увеличеніемъ разстоянія отъ экрана до источника; поэтому если лучи подвергаются воздействию магнитнаго поля, какъ на черт. 4, то экранъ, положенный непосредственно на источникъ радіацій, оставляетъ нетронутой большую часть магнитнаго спектра, чѣмъ тотъ же экранъ, положенный на фотографическую пластинку. Эта зависимость поглощающаго дѣйствія экрана отъ разстоянія между нимъ и источникомъ аналогична тому, что обнаружено для лучей α ; она была подтверждена гг. Мейеромъ

и ф. Швейдлеромъ, пользовавшимися флуороскопическимъ способомъ; г. Кюри и я наблюдали то же самое по электрическому методу. Условія возникновенія этого явленія еще не были изучены. Однако если радій, заключенный въ стеклянную трубку, помѣщенъ на довольно большомъ разстояніи отъ конденсатора, окруженнаго тонкой оболочкой изъ алюминія, то безразлично, помѣщаемъ ли мы экранъ у источника или у конденсатора: въ обоихъ случаяхъ получается одинъ и тотъ же токъ.

Изученіе лучей *a* привело меня ⁶⁶⁾ къ воззрѣнію, что здѣсь мы имѣемъ какъ бы летящія частицы, выбрасываемыя съ извѣстной скоростью и испытывающія потерю живой силы при прохожденіи сквозь препятствія. Тѣмъ не менѣе этимъ лучамъ свойственно прямолинейное распространеніе, какъ показалъ г. Бекерель слѣдующимъ опытомъ. Испускавшій лучи полоній помѣщался въ очень тонкомъ прямолинейномъ углубленіи, вырѣзанномъ въ картонномъ листѣ: такимъ образомъ это былъ линейный источникъ излученій. Мѣдная проволока въ $1\frac{1}{2}$ мм. діаметромъ была расположена параллельно источнику на разстояніи 4.9 мм. отъ него. Параллельно же была помѣщена находившаяся на разстояніи 8.65 мм. фотографическая пластинка. Послѣ десятиминутной экспозиціи на пластинкѣ получилась превосходная геометрическая тѣнь проволоки, имѣвшая предвычисленные размѣры, а съ боковъ—тонкія полутѣни, хорошо соотвѣтствовавшія ширинѣ источника. Опытъ удался также хорошо, когда у проволоки былъ помѣщенъ сложенный вдвое листокъ алюминія, сквозь который лучи должны были проникать.

Такимъ образомъ здѣсь мы имѣемъ лучи, способные давать геометрическія тѣни съ рѣзкими очертаніями. Опытъ съ алюминіемъ показываетъ, что лучи не разсѣваются листкомъ, и что этотъ послѣдній не испускаетъ въ замѣтномъ количествѣ вторичныхъ лучей, аналогичныхъ вторичнымъ Рѣнтгеновымъ лучамъ.

Какъ кажется, на дѣйствиі лучей *a* основанъ очень изящный опытъ, осуществляемый въ спинтарископѣ Крукса ⁶⁸⁾. Существенная часть этого прибора—зернышко радіевой соли, укрѣпленное на концѣ металлической проволоки предъ экраномъ изъ фосфоресцирующаго сѣрнистаго цинка. Разстояніе отъ радія до экрана очень мало (примѣрно $\frac{1}{2}$ мм.). Въ лупу наблюдаютъ обращенную къ радію сторону экрана. Глазъ видитъ здѣсь настоящій дождь свѣтящихся точекъ, которыя постоянно вспыхиваютъ и вновь исчезаютъ; экранъ имѣетъ видъ какъ бы звѣзднаго неба. Чѣмъ ближе къ радію, тѣмъ гуще свѣтящіяся точки; въ непосредственной близости его свѣченіе представляется непрерывнымъ. Струя воздуха повидимому не вліяетъ на явленіе; въ пустотѣ оно также происходитъ. Но самый тонкій

щитокъ, помѣщенный между радіемъ и фосфоресцирующимъ экраномъ, прекращаетъ явленіе; поэтому можно полагать, что оно обусловлено дѣйствіемъ наиболѣе поглощаемыхъ радіевыхъ лучей α .

Можно думать, что появленіе каждой свѣтящейся точки на фосфоресцирующемъ экранѣ происходитъ отъ удара отдѣльнаго летящаго тѣльца. Въ такомъ случаѣ здѣсь мы въ первый разъ имѣли бы предъ собой явленіе, позволяющее различать индивидуальное дѣйствіе частицы, имѣющей атомные размѣры *.

Видъ свѣтящихся точекъ напоминаетъ звѣзды или сильно освѣщенные ультрамикроскопическія частицы⁶⁹), дающія на стѣтчаткѣ не рѣзкія изображенія, а дифракціонные кружки; это хорошо согласуется съ воззрѣніемъ, по которому каждая свѣтящаяся точка происходитъ отъ удара отдѣльнаго атома.

Не отклоняемые проникающіе лучи γ повидимому имѣютъ совсѣмъ другую природу; они скорѣе уподобляются Рѣнтгеновымъ лучамъ. Однако ничѣмъ не доказано, чтобы въ радіевыхъ излученіяхъ не содержалось такихъ же лучей малой проникаемости (они могутъ маскироваться корпускулярными радіаціями).

Изъ вышесказаннаго видна вся сложность излученія радиоактивныхъ тѣлъ. Трудность изученія его еще усугубляется необходимостью разслѣдовать, подвергаются ли лучи со стороны матеріи только избирательному поглощенію, или кромѣ того они еще испытываютъ большее или меньшее превращеніе.

Объ этомъ пока мѣстѣ извѣстно очень мало. Однако если допустимъ, что радіевы излученія въ одно время содержатъ лучи типа Рѣнтгеновыхъ и типа катодныхъ, то можно ожидать, что эти излученія терпятъ преобразование при прохожденіи сквозь экраны. Въ самомъ дѣлѣ извѣстно: 1. что катодные лучи, выпускаемые изъ Круксовой трубки сквозь алюминіевое окошко (опытъ Ленарда), сильно разсѣваются алюминіемъ и вмѣстѣ съ тѣмъ испытываютъ потерю въ скорости⁷⁰); такъ, катодные лучи, имѣющіе скорость, равную 1.4×10^{10} см. въ сек., проникая черезъ слой алюминія въ $\frac{1}{100}$ мм. толщины, теряютъ 10% своей скорости⁷¹); 2. встрѣчая препятствіе, катодные лучи даютъ начало Рѣнтгеновымъ; 3. Рѣнтгеновы лучи, встрѣчая твердое препятствіе, даютъ начало вторичнымъ лучамъ, которые отчасти состоятъ изъ катодныхъ⁷²).

По аналогіи можно предполагать наличность всѣхъ этихъ явленій при излученіи радиоактивныхъ тѣлъ.

* Бекерель (Compt. rend. 137, 629, 1903) объясняетъ эти вспышки измѣненіями, происходящими въ подвергающихся дѣйствію излученія кристаллахъ, и зависящими отъ нихъ электрическими разрядами.

Изучая прохожденіе лучей полонія чрезъ алюминіевый экранъ, г. Бекерель ⁷³⁾ не наблюдалъ ни образованія вторичныхъ лучей ни превращенія въ катодные лучи. Я пыталась обнаружить превращеніе полоніевыхъ лучей съ помощью метода перестановки экрановъ. Пусть лучи послѣдовательно проходятъ черезъ два экрана E_1 и E_2 . Если лучи не испытываютъ превращенія, то порядокъ, въ которомъ лучи встрѣчаютъ тотъ и другой экранъ, долженъ быть безразличенъ; напротивъ, этого не будетъ, если каждый экранъ преобразуетъ пропускаемые имъ лучи. Напримѣръ если, проходя сквозь свинецъ, лучи превращаются въ болѣе поглощаемые и если алюминій не оказываетъ этого дѣйствія въ такой же степени, то система свинецъ-алюминій должна представляться менѣ прозрачною чѣмъ система алюминій-свинецъ; въ случаѣ Рѣнтгеновыхъ лучей это дѣйствительно имѣетъ мѣсто.

Изъ моихъ опытовъ вытекаетъ наличность этого свойства у лучей полонія. Я пользовалась аппаратомъ, изображеннымъ на черт. 8. Полоній находился въ коробкѣ СССР, а поглощающіе экраны (разумѣется, очень тонкіе) помѣщались на металлической сѣткѣ Г.

Употребленная система экрановъ	Толщина	Наблюдаемая сила тока
Алюминій	0.01	17.9
Латунь	0.005	
Латунь	0.005	6.7
Алюминій	0.01	
Алюминій	0.01	150
Олово	0.005	
Олово	0.005	125
Алюминій	0.01	
Олово	0.005	13.9
Латунь	0.005	
Латунь	0.005	4.4
Олово	0.005	

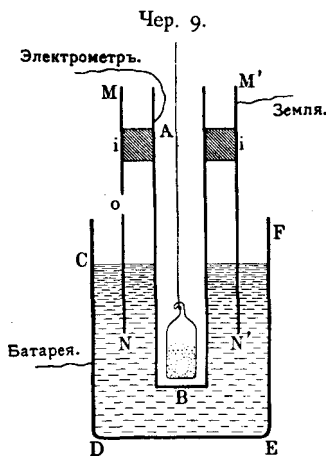
Полученные результаты доказываютъ, что излученіе преобразуется, проходя сквозь твердые экраны. Этотъ выводъ согласуется съ тѣми опытами, въ которыхъ изъ двухъ тождественныхъ металлическихъ листовъ, сложенныхъ вмѣстѣ, первый представляется менѣ поглощающимъ, чѣмъ второй. Кажется вѣроятнымъ, что превращающее вліяніе экрана тѣмъ значительнѣе, чѣмъ дальше онъ отстоитъ отъ источника. Это однако еще не установлено съ достовѣрностью и характеръ превращенія не былъ еще изученъ въ подробностяхъ.

Я повторила тѣ же опыты съ очень активной солью радія. Результатъ былъ отрицательный. При перестановкѣ экрановъ я наблюдала лишь ничтожныя измѣненія интенсивности пропущенныхъ радіацій. Были испробованы слѣдующія системы экрановъ:

	Толщина въ мм.		Толщина въ мм.
Алюминій	0.55	и платина	0.01
”	0.55	” свинець	0.1
”	0.55	” олово	0.005
”	1.07	” мѣдь	0.05
”	0.55	” латунь	0.005
”	1.07	” ”	0.005
”	0.15	” платина	0.01
”	0.15	” цинкъ	0.05
”	0.15	” свинець	0.1

Система свинець-алюминій оказалась нѣсколько менѣ прозрачною чѣмъ система алюминій-свинець; однако различіе было не велико.

Такимъ образомъ я не могла обнаружить замѣтнаго превращенія радіевыхъ лучей. Тѣмъ не менѣ г. Бекерель при различныхъ радиографическихъ опытахъ наблюдалъ весьма интенсивныя дѣйствія, которыя были обусловлены дѣйствіемъ разсѣянныхъ или вторичныхъ лучей, испускаемыхъ твердыми экранами, подвергавшимися дѣйствію лучей радія. Самымъ дѣятельнымъ въ смыслѣ испусканія этихъ вторичныхъ лучей веществомъ представляется свинець.



Ионизирующее дѣйствіе лучей радія на жидкіе непроводники.—Г. Кюри ⁷⁴⁾ показалъ, что лучи радія и Рентгеновы лучи дѣйствуютъ на жидкіе діелектрики такъ же какъ на воздухъ, сообщая имъ извѣстную электропроводность. Опытъ былъ по-

ставленъ слѣдующимъ образомъ (черт. 9): изслѣдуемая жидкость находится въ металлическомъ сосудѣ CDEF, куда погружена тонкая мѣдная трубка АВ; обѣ эти металлическія части служатъ электродами. Батарея маленькихъ аккумуляторовъ, одинъ полюсъ которой отведенъ къ землѣ, служитъ для поддержанія сосуда при извѣстномъ потенциалѣ. Трубка АВ сообщена съ электрометромъ.

Если токъ проходитъ черезъ жидкость, то съ помощью пьезоэлектрическаго кварца поддерживаютъ электрометръ на нулѣ и такимъ образомъ измѣряютъ токъ. Мѣдная охранительная трубка MNM'N', отведенная къ землѣ, устраняетъ возможность прохожденія тока черезъ воздухъ. Въ трубку АВ можетъ быть опущенъ пузырекъ съ радіемъ; лучи, пройдя черезъ стеклянныя стѣнки пузырька и металлическія стѣнки трубки

AB, дѣйствуютъ на жидкость. Можно также заставить радій дѣйствовать, помѣщая его подъ дно сосуда DE.

Если опытъ производится съ лучами Рѣнтгена, то источникъ ихъ помѣщается подъ дномъ DE.

Повидимому, увеличеніе электропроводности подъ дѣйствіемъ радіевыхъ или Рѣнтгеновыхъ лучей имѣетъ мѣсто для всѣхъ жидкихъ диэлектриковъ; но обнаружить это увеличеніе можно лишь въ томъ случаѣ, если собственная электропроводность жидкости достаточно слаба для того, чтобы не маскировать вліяніе лучей.

По опытамъ г. Кюри, лучи радія и Рѣнтгеновы оказываютъ это дѣйствіе приблизительно въ одномъ и томъ же размѣрѣ.

Если при той же постановкѣ опыта изслѣдуютъ электропроводность, приобретаемую подъ дѣйствіемъ Бекерелевыхъ лучей воздухомъ или другимъ газомъ, то оказывается, что сила получаемого тока остается пропорціоальной разности потенциаловъ на электродахъ лишь до тѣхъ поръ, пока эта послѣдняя не превышаетъ нѣсколькихъ вольтъ; но при болѣе сильныхъ напряженіяхъ сила тока возрастаетъ все слабѣе и слабѣе, и при напряженіи въ 100 вольтъ практически достигается токъ насыщенія.

Иначе обстоитъ дѣло съ жидкостями, изслѣдуемыми въ томъ же приборѣ и съ тѣмъ же сильно активнымъ препаратомъ; здѣсь сила тока пропорціоальна напряженію, когда оно мѣняется въ предѣлахъ отъ 0 до 450 вольтъ—даже если разстояніе электродовъ не превышаетъ 6 мм. Поэтому можно сравнить между собой проводимости, возбуждаемыя радіевой солью при тѣхъ же условіяхъ въ различныхъ жидкостяхъ. Числа слѣдующей таблицы даютъ проводимость въ обратныхъ величинахъ ома на кубическій сантиметръ:

Сѣроуглеродъ	20×10^{-14}
Петролейный эфиръ	15×10^{-14}
Амиленъ	14×10^{-14}
Хлористый углеродъ	8×10^{-14}
Бензинъ	4×10^{-14}
Жидкій воздухъ	1.3×10^{-14}
Вазелиновое масло	1.6×10^{-14}

Однако можно принять, что жидкости и газы ведутъ себя одинаково—лишь въ случаѣ жидкостей пропорціоальность напряженія и силы тока имѣетъ мѣсто въ гораздо болѣе широкихъ предѣлахъ чѣмъ въ случаѣ газовъ. По аналогіи съ явленіями въ газахъ можно было поэтому попытаться сузить (въ случаѣ жидкостей) предѣлы пропорціоальности, примѣняя гораздо менѣе сильное излученіе. Опытъ оправдалъ ожиданія: когда былъ примѣненъ излучающій препаратъ, въ 150 разъ менѣе активный чѣмъ тотъ, который служилъ для первыхъ

опытовъ, то при напряженіяхъ въ 50, 100, 200, 400 вольтъ получили силы тока, соотвѣтственно выражаемая числами 109, 185, 255, 335. Пропорціональности уже нѣтъ, но все же токъ сильно возрастаетъ съ удвоеніемъ разности потенциаловъ.

Нѣкоторыя изъ подвергавшихся изслѣдованію жидкостей являются почти совершенными изоляторами, если температура ихъ остается постоянной и если они защищены отъ дѣйствія лучей. Сюда относятся: жидкій воздухъ, петролейный эфиръ, вазелиновое масло, амиленъ. Поэтому здѣсь очень легко изслѣдовать вліяніе радіацій. Вазелиновое масло гораздо менѣе чувствительно къ дѣйствію лучей чѣмъ петролейный эфиръ. Быть можетъ, слѣдуетъ поставить этотъ фактъ въ связь съ различной летучестью обоихъ углеводородовъ. Жидкій воздухъ, который въ теченіе нѣкотораго времени кипѣлъ въ сосудѣ, употребляемомъ для опыта, чувствительнѣе къ дѣйствію лучей, чѣмъ свѣже налитый: въ первомъ случаѣ причиняемая лучами проводимость бываетъ на $\frac{1}{4}$ больше. Г. Кюри изслѣдовалъ дѣйствіе лучей на амиленъ и на петролейный эфиръ при температурахъ $+10^{\circ}$ и -17° . Зависящая отъ радіацій электропроводность уменьшается только на $\frac{1}{10}$ при переходѣ отъ $+10^{\circ}$ къ -17° .

При опытахъ съ переменною температурой жидкости можно держать радій либо при температурѣ окружающей среды либо при той же температурѣ, какую имѣетъ жидкость; въ обоихъ случаяхъ—результатъ одинъ и тотъ же. Это значитъ, что радіевы излученія не зависятъ отъ температуры и сохраняютъ свою величину даже при температурѣ жидкаго воздуха. Это было подтверждено непосредственными измѣреніями*.

Различныя дѣйствія радіацій; примѣненія іонизирующаго дѣйствія лучей.—Лучи новыхъ радиоактивныхъ тѣлъ сильно іонизируютъ воздухъ. При помощи радія легко можно вызвать сгущеніе пересыщенныхъ водяныхъ паровъ, совершенно такъ же какъ это имѣетъ мѣсто подъ вліяніемъ лучей Рентгена или катодныхъ.

Подъ дѣйствіемъ лучей новыхъ радиоактивныхъ веществъ увеличивается длина искры между двумя металлическими проводниками, при данной разности потенциаловъ; иными словами, лучи облегчаютъ проскакиваніе искры. Это явленіе зависитъ отъ дѣйствія наиболѣе проникающихъ лучей. Въ самомъ дѣлѣ, если радій окруженъ свинцовой оболочкой въ 2 см. толщины, то дѣйствіе его на искру не ослабляется замѣтно, хотя сквозь сви-

* Бекерель [Compt. rend. 136, 1173 (1903)] и Бекеръ [Ann. d. Phys. (4) 12, 124 (1903)] производили опыты, относящіеся къ электропроводности твердыхъ изоляторовъ, подвергнутыхъ дѣйствію радіевыхъ лучей. *Прим. нѣм. перев.*

нецъ проходитъ лишь очень небольшая доля всей совокупности излученій.

Если при помощи радиоактивныхъ веществъ сообщить электропроводность воздуху, окружающему два металлическихъ проводника, изъ которыхъ одинъ отведенъ къ землѣ, а другой сообщенъ съ хорошо изолированнымъ электрометромъ, то оказывается, что электрометръ обнаруживаетъ постоянное отклоненіе, которое позволяетъ измѣрить электродвижущую силу гальваническаго элемента, состоящаго изъ воздуха и двухъ металовъ (контактную разность двухъ металовъ, когда между ними воздухъ). Этотъ измѣрительный приѣмъ былъ примененъ лордомъ Кельвиномъ и его учениками ⁷⁵⁾, причемъ излучающимъ веществомъ служилъ уранъ; подобный методъ былъ ранѣе употребленъ г. Переномъ ⁷⁶⁾, применившимъ іонизирующее дѣйствіе Рѣнтовыхъ лучей.

Радиоактивными веществами можно пользоваться для изученія атмосфернаго электричества. Активное вещество находится въ маленькой тонкостѣнной алюминіевой коробкѣ, укрѣпленной на концѣ металлическаго стержня, сообщеннаго съ электрометромъ. Воздухъ вокругъ конца стержня дѣлается проводящимъ, и стержень принимаетъ потенциалъ окружающаго воздуха. Такимъ образомъ радій съ успѣхомъ замѣняетъ пламя или Кельвиновы капельные приборы, которые до сихъ поръ ⁷⁷⁾ обыкновенно употреблялись для наблюдений надъ атмосфернымъ электричествомъ.

Флуороскопическія и свѣтловыя дѣйствія.—Лучи новыхъ радиоактивныхъ веществъ возбуждаютъ флуоресценцію извѣстныхъ тѣлъ. Г. Кюри и я первые открыли это явленіе, заставляя полоній дѣйствовать сквозь тонкій алюминіевый листокъ на слой платиново-ціанистаго барія. Еще легче удастся этотъ опытъ съ достаточно активнымъ баріемъ-радіемъ. Если вещество сильно активно, то получается очень красивая флуоресценція.

Число тѣлъ, фосфоресцирующихъ или флуоресцирующихъ подъ дѣйствіемъ Бекерелевыхъ лучей, очень велико. Г. Бекерель изслѣдовалъ дѣйствіе лучей на урановы соли, алмазъ, цинковую обманку и т. д. Г. Барри ⁷⁸⁾ показалъ, что соли щелочныхъ и щелочноземельныхъ металовъ, флуоресцирующія подъ дѣйствіемъ свѣта и Рѣнтовыхъ лучей, флуоресцируютъ также подъ дѣйствіемъ лучей радія. Далѣе можно вблизи радія наблюдать флуоресценцію писчей и хлопчатой бумаги, стекла и т. д. Изъ разныхъ сортовъ стекла тюрингенское свѣтится особенно ярко. Металы повидимому не свѣтятся.

Платиново-ціанистый барійъ всего лучше подходитъ для изслѣдованія излученія радиоактивныхъ тѣлъ по флуороскопическому способу.

Дѣйствіе лучей радія можно прослѣдить до разстояній свыше 2 метровъ. Фосфоресцирующій сѣрнистый цинкъ свѣтится чрезвычайно ярко, но представляетъ то неудобство, что свѣченіе его продолжается нѣкоторое время по прекращеніи дѣйствія лучей.

Возбуждаемую радіемъ флуоресценцію можно наблюдать и тогда, если радій отъ флуоресцирующаго экрана отдѣляется абсорбирующимъ тѣломъ. Мы наблюдали свѣченіе баріево-платиноціанистаго экрана подъ дѣйствіемъ радіацій, прошедшихъ сквозь человѣческое тѣло. Однако дѣйствіе бываетъ несравненно сильнѣе, если радій помещается въ непосредственной близости экрана, не будучи отдѣленъ отъ него никакимъ твердымъ тѣломъ. Повидимому всѣ виды лучей способны возбуждать флуоресценцію.

Чтобы наблюдать дѣйствіе полонія, необходимо привести вещество въ тѣсную близость съ флуоресцирующимъ экраномъ; между ними не должно быть никакой твердой прокладки или развѣ—самая тонкая.

Свѣченіе флуоресцирующихъ тѣлъ, подвергающихся дѣйствію радиоактивныхъ веществъ, убываетъ съ теченіемъ времени. вмѣстѣ съ тѣмъ флуоресцирующее вещество испытываетъ нѣкоторое превращеніе. Вотъ нѣкоторые примѣры: радіевы лучи переводятъ платиноціанистый барій въ темное, не столь ярко свѣтящееся видоизмѣненіе. (Г. Виларъ описалъ аналогичное дѣйствіе лучей Рентгена). Они также превращаютъ сѣрнокислую соль уранила и калия, окрашивая ее въ желтый цвѣтъ. Испытавшій превращеніе платиново-ціанистый барій отчасти возрождается подъ дѣйствіемъ свѣта. Если положить радій подъ листъ бумаги, на который нанесенъ слой платиново-ціанистаго барія, то послѣдній свѣтится; если мы держимъ эту систему въ темнотѣ, то флуоресцирующая соль терпитъ превращеніе и свѣченіе значительно слабѣетъ. Если же выставить все на свѣтъ, то платиновая соль отчасти восстанавливается и опять свѣтится въ темнотѣ довольно ярко. Такимъ образомъ сочетаніемъ радиоактивнаго тѣла съ флуоресцирующимъ осуществляется система, которая функционируетъ такъ же, какъ фосфоресцирующее тѣло съ значительной продолжительностью фосфоресценціи.

Стекло, флуоресцирующее подъ вліяніемъ радія, окрашивается въ темнокоричневый или фіолетовый цвѣтъ. вмѣстѣ съ тѣмъ флуоресценція его слабѣетъ. При нагрѣваніи такое превращенное стекло обезцвѣчивается и одновременно съ этимъ испускаетъ свѣтъ. Послѣ этого его флуоресцирующая способность восстанавливается въ прежнихъ размѣрахъ.

Сѣрнистый цинкъ, довольно долго находившійся подъ дѣйствіемъ радіевыхъ лучей, постепенно истощается, теряя свою способность фосфоресцировать подъ вліяніемъ какъ радія такъ и обыкновеннаго свѣта.

Алмазь фосфоресцируетъ подѣ дѣйствіемъ радіевыхъ лучей: это можетъ служить для различенія отъ поддѣлокъ (стразовъ), которыя свѣтятся лишь въ слабой степени.

Всѣ содержащія радій соединенія барія свѣтятся сами ⁷⁹⁾. Особенно сильный свѣтъ издають безводныя и сухія галоидныя соли. При полномъ дневномъ свѣтѣ этого не замѣтно; но въ полутемной или освѣщенной газомъ комнатѣ это свѣченіе уже легко видѣть. Свѣченіе бываетъ довольно сильно, такъ что съ помощью небольшого количества вещества можно читать въ темнотѣ. Свѣтъ исходитъ изъ всей массы препарата, тогда какъ у обыкновенныхъ фосфоресцирующихъ тѣлъ онъ испускается лишь предварительно освѣщенной поверхностью. Въ сыромъ воздухѣ препараты, содержащіе радій, теряютъ значительную часть своей свѣтящей способности, но будучи высушены, опять ее пріобрѣтаютъ (Гизель). Эта способность къ свѣченію повидимому очень долговѣчна. По истеченіи нѣсколькихъ лѣтъ не замѣтно никакой перемѣны въ свѣченіи слабо активныхъ препаратовъ, сохраняемыхъ въ темнотѣ въ запаянныхъ трубкахъ. У очень активного и сильно свѣтящагося хлористаго барія-радія въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ измѣняется оттѣнокъ испускаемаго свѣта; онъ дѣлается болѣе фіолетовымъ и при этомъ значительно слабѣетъ; вмѣстѣ съ тѣмъ и препаратъ обнаруживаетъ нѣкоторыя измѣненія; но если растворить соль въ водѣ и высушить снова, то первоначальная свѣтящая способность возстановляется.

Свѣтятся также растворы баріевыхъ соединеній, содержащихъ значительное количество радія; это можно наблюдать, помѣщая растворъ въ платиновый сосудецъ: самъ не будучи свѣтящимся, онъ позволяетъ наблюдать слабое свѣченіе раствора.

Если въ растворѣ содержащей радій баріевой соли находятся выдѣлившіеся кристаллы, то они свѣтятся внутри раствора, и притомъ—гораздо сильнѣе, чѣмъ самый растворъ; такъ что кажется, какъ будто свѣтятся они одни.

Г. Гизель приготовилъ платиновоціанистый барій съ содержаніемъ радія. Когда соль только что выкристализуется, она имѣетъ видъ обыкновеннаго платиновоціанистаго барія и очень сильно свѣтится. Однако постепенно соль сама собой окрашивается, пріобрѣтая темнокоричневый цвѣтъ; одновременно кристаллы ея становятся дихроическими. Въ этомъ состояніи соль является гораздо менѣе свѣтящейся, хотя активность ея возрастаетъ ⁸⁰⁾. Приготовленный Гизелемъ платиновоціанистый радій измѣняется еще гораздо быстрѣе.

Радіевы соединенія представляютъ первый примѣръ самосвѣтящихся соединеній.

Выдѣленіе теплоты солями радія.—Въ послѣднее время гг. Кюри и Лабордъ ⁸¹⁾ нашли, что соли радія являются источникомъ теплоты, выдѣляющей непрерывно и самопроизвольно. Это выдѣленіе теплоты ведетъ къ тому, что температура солей радія всегда бываетъ выше температуры окружающей среды; впрочемъ, на разницу температуръ вліяетъ степень термической изоляціи вещества. Эта разница температуръ можетъ быть обнаружена грубымъ опытомъ, производимымъ съ помощью двухъ обыкновенныхъ ртутныхъ термометровъ. Берутъ два одинаковыхъ сосуда съ пустотой между двойными стѣнками, служащихъ въ качествѣ термическихъ изоляторовъ *. Въ одномъ изъ нихъ помѣщается стеклянная трубочка, содержащая 7 дециграмовъ чистаго бромистаго радія; въ другомъ—такая же трубочка съ какимъ-нибудь не активнымъ веществомъ, напримѣръ съ хлористымъ баріемъ. Температура того и другого сосуда указывается термометромъ, резервуаръ котораго помѣщенъ въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ трубочкой, содержащей вещество. Отверстія резервуаровъ заткнуты ватой. Когда температурное равновѣсіе установилось, термометръ, находящійся въ сосудѣ съ радіемъ, постоянно указываетъ температуру болѣе высокую, чѣмъ другой: наблюденная разница температуръ составляла 3°.

Количество выдѣляемой радіемъ теплоты можетъ быть оцѣнено съ помощью Бунзенова ледяного калориметра. Помѣщая въ этотъ калориметръ стеклянную трубочку съ радіевой солью, наблюдаемъ постоянный притокъ тепла, который прекращается вмѣстѣ съ удаленіемъ радія. Измѣреніе, произведенное съ давно приготовленной радіевой солью, показало, что каждый граммъ радія выдѣляетъ около 80 малыхъ калорій въ часъ. Такимъ образомъ въ теченіе часа радій выдѣляетъ столько тепла, сколько нужно для расплавленія равнаго ему по вѣсу количества льда; граммомъ радія (т.-е. 225 граммовъ), выдѣлил бы въ часъ 18000 калорій—количество тепла, сравнимое съ тѣмъ, которое получается при сгораніи одного грамма (т.-е. 1 грама) водорода. Столь значительное выдѣленіе теплоты не можетъ быть объяснено никакой обыкновенной химической реакціей—тѣмъ болѣе, что состояніе радія повидимому годами остается безъ переменъ. Можно думать, что выдѣленіе тепла зависитъ отъ превращеній, которымъ подвергается атомъ самого радія, и которыя необходимо являются весьма медленными. Если бы это было такъ, то надо было бы заключить, что количества энергіи, выступающія на сцену при образованіи

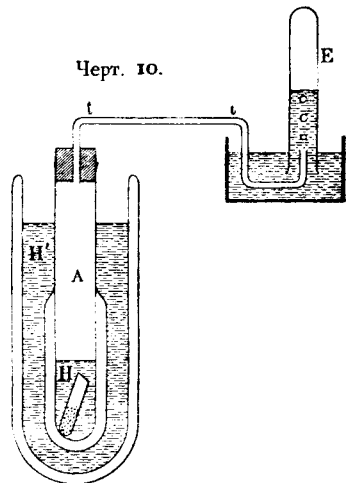
* Имѣются въ виду т. наз. „Дьюаровы“ сосуды, обыкновенно употребляемые для храненія жидкаго воздуха.

и превращеніи атомовъ, являются весьма значительными и превосходятъ все, что намъ извѣстно въ этомъ отношеніи.

Можно также оцѣнить количество теплоты, выдѣляемой радіемъ при различныхъ температурахъ, употребляя эту теплоту на кипѣніе сжиженного газа и измѣряя объемъ происходящаго газа. Этотъ опытъ можетъ быть выполненъ съ хлористымъ метиломъ (при -21°). Гг. Дьюаръ и Кюри произвели опытъ съ жидкимъ кислородомъ (при -180°) и съ жидкимъ водородомъ (при -252°). Это послѣднее тѣло въ особенности подходитъ для опыта. Пробирка А, окруженная термическимъ изоляторомъ съ пустотой (черт. 10), содержитъ жидкій водородъ Н; она снабжена отводной трубкой t, дающей возможность собрать газъ въ градуированной пробиркѣ Е, наполненной водой. Пробирка А съ своимъ изоляторомъ погружена въ ванну съ жидкимъ водородомъ Н'. Въ этихъ условіяхъ въ пробиркѣ А не происходитъ выдѣленія газа; но если въ жидкій водородъ Н опустить трубочку съ 7 дециграммами бромистаго радія, то начинается непрерывное образование газа; каждую минуту выдѣляется 73 куб. см. его.

Свѣже приготовленная твердая радіева соль испускаетъ сравнительно небольшое количество тепла; затѣмъ выдѣленіе теплоты постепенно усиливается, стремясь къ предѣльному значенію, которое въ теченіе мѣсяца еще не бываетъ вполне достигнуто. Если растворить радіеву соль въ водѣ и растворъ запаять въ трубочку, то онъ сначала выдѣляетъ небольшое количество теплоты; затѣмъ оно увеличивается и къ концу мѣсяца достигаетъ постоянной величины; выдѣленіе теплоты имѣетъ тогда ту же величину, какая свойственна этой соли въ твердомъ состояніи.

Если мы калориметромъ Бунзена мѣряемъ теплоту, выдѣляемую радіевой солью, заключенной въ стеклянной трубочкѣ, то извѣстные проникающіе лучи радія проходятъ сквозь трубочку и калориметръ, не поглощаясь. Чтобы узнать, несутъ ли эти лучи замѣтное количество энергіи, можно повторить измѣреніе, окружая трубочку свинцовымъ листкомъ въ 2 мм. толщины; оказывается, что въ этихъ условіяхъ выдѣленіе теплоты увеличивается на 4%; такимъ образомъ количество энергіи, испускаемое радіемъ въ формѣ проникающихъ лучей, является вовсе не ничтожнымъ.



Химическія дѣйствія новыхъ радиоактивныхъ веществъ. Красящее дѣйствіе.—Излученія сильно радиоактивныхъ веществъ обладаютъ способностью вызывать извѣстныя превращенія, извѣстныя химическія реакціи. Радиации оказываютъ красящее дѣйствіе на стекло и фарфоръ ⁸²). Окрашивание стекла (обыкновенно коричневое или фіолетовое) бываетъ весьма интенсивно; оно происходитъ въ самой массѣ стекла и сохраняется по удаленіи радія. Въ теченіе болѣе или менѣе долгаго времени окрашиваются всѣ сорта стекла; присутствіе свинца не необходимо. Умѣстно сопоставить этотъ фактъ съ другимъ, недавно замѣченнымъ: именно, стекло трубокъ, предназначенныхъ для полученія Рѣнтгеновыхъ лучей, послѣ продолжительнаго употребленія также окрашивается.

Г. Гизель показалъ, что кристаллическія галоидныя соли щелочныхъ металовъ (каменная соль, сильвинъ) окрашиваются какъ подѣ дѣйствіемъ радія, такъ и подѣ дѣйствіемъ катодныхъ лучей. Г. Гизель указываетъ, что подобное же окрашивание получается, если помѣстить щелочныя соли на нѣкоторое время въ парахъ натрія ⁸³).

Я изучала окрашивание цѣлой коллекціи стеколъ извѣстнаго состава, любезно предоставленной мнѣ для этой цѣли г. Ле Шателье. Я не замѣтила большого разнообразія въ окрашиваніи. Оно бываетъ вообще фіолетовымъ, желтымъ, коричневымъ или сѣрымъ. Оно повидимому стоитъ въ связи съ присутствіемъ щелочныхъ металовъ.

Чистыя кристаллическія щелочныя соли даютъ окрашивание болѣе разнообразное и болѣе сильное; соль, первоначально бѣлая, становится голубой, зеленой, желтой, коричневой и т. д.

Г. Бекерель показалъ, что бѣлый фосфоръ подѣ дѣйствіемъ радія переходитъ въ красный.

Бумага подѣ влияніемъ радія окрашивается и мѣняетъ свои свойства. Она становится ломкой, утончается и наконецъ дѣлается похожей на рѣшето.

Въ нѣкоторыхъ условіяхъ по близости съ очень активными соединениями происходитъ образованіе озона. Лучи, прошедшіе сквозь содержащую радій запаянную трубочку, не озонируютъ воздуха на своемъ пути; напротивъ, при раскрываніи трубочки появляется сильный запахъ озона. Вообще воздухъ озонируется всякій разъ какъ онъ бываетъ въ непосредственномъ соприкосновеніи съ радіемъ; сообщеніе при помощи самаго узкаго прохода оказывается уже достаточнымъ для этого. Повидимому, образованіе озона находится въ связи съ распространеніемъ наведенной радиоактивности, о чемъ рѣчь будетъ ниже.

Соединенія, содержащія радій, повидимому измѣняются съ временемъ—безъ сомнѣнія, подѣ дѣйствіемъ собственныхъ радиаций. Вы-

ше было указано, что содержащіе радій кристаллы хлористаго барія, безцвѣтные въ моментъ образованія, мало по малу получаютъ окраску то желтую или оранжевую, то розовую; эта окраска исчезаетъ при раствореніи. Хлоридъ барія-радія производитъ окислы хлора; бромидъ выдѣляетъ бромъ. Эти медленные превращенія обнаруживаются вообще спустя нѣсколько времени по изготовленіи твердаго препарата, который въ то же время мѣняетъ внѣшній видъ и окраску, становясь желтымъ или фіолетовымъ. Испускаемый свѣтъ также дѣлается болѣе фіолетовымъ.

Чистыя соли радія повидимому испытываютъ тѣ же превращенія, что и соли, содержащія барій. Однако образовавшіеся въ кислотѣ растворѣ чистые кристаллы хлорида не обнаруживаютъ замѣтнаго окрашивания въ теченіе времени, достаточнаго для того, чтобы кристаллическій хлористый барій съ обильнымъ содержаніемъ радія получилъ интенсивную окраску.

Выдѣленіе газовъ въ присутствіи солей радія.—Растворъ бромистаго радія непрерывно выдѣляетъ газы ⁸⁴⁾. Это—главнымъ образомъ водородъ и кислородъ, причемъ составъ смѣси близокъ къ составу воды; можно думать, что вода разлагается въ присутствіи радіевой соли.

Твердыя соли радія (хлористая, бромистая) также даютъ начало непрерывному выдѣленію газовъ. Газы эти наполняютъ поры твердой соли и выдѣляются въ довольно обильномъ количествѣ при ея раствореніи.

Газовая смѣсь содержитъ водородъ, кислородъ, углекислоту, гелій; въ спектрѣ ея наблюдается также нѣсколько неизвѣстныхъ линий ⁸⁵⁾.

Выдѣленіемъ газа можно объяснить два случая, имѣвшіе мѣсто въ опытахъ г. Кюри. Запаянная трубочка изъ тонкаго стекла, почти вся наполненная твердымъ и сухимъ бромистымъ радіемъ, черезъ два мѣсяца послѣ запайки произвела взрывъ подъ вліяніемъ слабого нагрѣва; вѣроятно, взрывъ произошелъ отъ давленія газа внутри. Въ другомъ опытѣ трубочка, содержавшая давно приготовленный хлористый радій, была сообщена съ довольно большимъ резервуаромъ, гдѣ поддерживалась весьма совершенная пустота. Когда трубочка подверглась довольно быстрому нагрѣву до 300°, соль произвела взрывъ; трубочка разбилась и соль была выброшена; въ моментъ взрыва въ трубочкѣ не могло быть замѣтнаго давленія. Передъ тѣмъ аппаратъ подвергался пробному нагрѣву въ тѣхъ же условіяхъ, но въ отсутствіи радіевой соли, и тогда ничего подобнаго не произошло.

Эти опыты показываютъ, что является опаснымъ подвергать нагрѣванію давно приготовленную соль радія; опасно также сохранять радій долгое время въ запаянной трубкѣ.

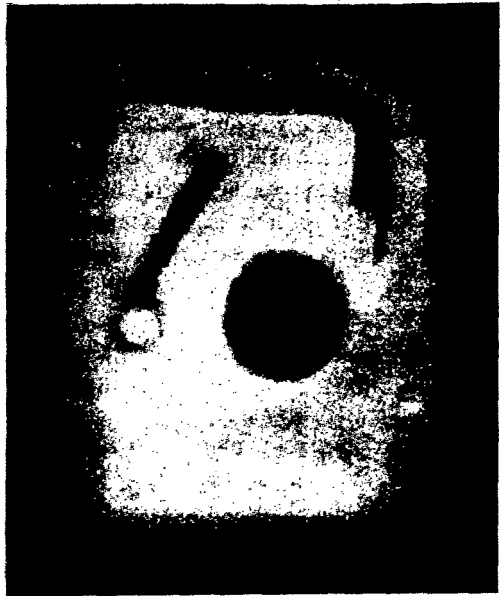
Возбужденіе термолуминесценціи.—Нѣкоторыя тѣла, какъ напри- мѣръ плавиковый шпатель, свѣтятся при нагрѣваніи; они—какъ гово- рять—обнаруживаютъ термолуминесценцію. Способность ихъ свѣ- титься подѣ влияніемъ тепла по истеченіи нѣкотораго времени пре- кращается; но ее можно возстановить дѣйствіемъ искры, а также дѣй- ствіемъ радія. Такимъ образомъ радій возвращаетъ этимъ тѣламъ ихъ способность къ термолуминесценціи ⁸⁶⁾. Во время нагрѣванія плавик- овый шпатель испытываетъ превращеніе, сопровождающееся испуска- ніемъ свѣта. Когда послѣ того плавиковый шпатель подвергается дѣй- ствію радія, происходитъ обратное превращеніе, которое также со- провождается испусканіемъ свѣта.

Совершенно аналогичное явленіе обнаруживается стекломъ, на которое дѣйствуютъ радіевы лучи. И здѣсь въ стеклѣ происходитъ превращеніе, въ то время какъ оно свѣтится подѣ дѣйствіемъ лучей радія; это превращеніе наглядно обнаруживается появляющимся и постепенно усиливающимся окрашиваніемъ. Когда послѣ того видо- измѣненное такимъ образомъ стекло подвергается нагрѣву, происхо- дитъ обратное превращеніе: окраска исчезаетъ; и это явленіе также сопровождается свѣченіемъ. Представляется весьма вѣроятнымъ, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ измѣненіями химической природы, и что свѣченіе стоитъ въ связи съ этими измѣненіями. Быть можетъ, это— явленіе общаго характера. Возможно, что возбужденіе флуоресценціи дѣйствіемъ радія и свѣченіе содержащихъ радій веществъ нахо- дятся въ необходимой связи съ какими-то химическими или физи- ческими превращеніями, совершающимися въ свѣтящемся веществѣ.

Радиографія.—Радиографическое дѣйствіе новыхъ радиоактивныхъ веществъ является весьма интенсивнымъ. Однако въ этомъ случаѣ обращаться съ полоніемъ надо совсѣмъ иначе нежели съ радіемъ. Полоній дѣйствуетъ лишь на маломъ разстояніи; дѣйствіе его значи- тельно ослабляется твердыми экранами и на практикѣ можетъ быть вовсе уничтожено экраномъ небольшой толщины (1 миллиметръ стек- ла). Радій дѣйствуетъ на значительно бѣльшихъ разстояніяхъ. Радио- графическое дѣйствіе лучей радія наблюдается въ воздухѣ на раз- стояніи слишкомъ въ 2 метра, и это—въ томъ случаѣ, когда излу- чающій препаратъ заключенъ въ стеклянную трубку. Лучи, которые дѣйствуютъ при такихъ условіяхъ, принадлежатъ къ типамъ β и γ . Благодаря различной проникаемости разныхъ веществъ по отношенію къ лучамъ, можно получать радиограммы различныхъ предметовъ, на подобіе того, какъ это дѣлается при помощи лучей Рѣнтгена. Ме- таллы являются вообще мало проникаемыми; исключеніе представля- етъ алюминій, который оказывается весьма прозрачнымъ. Кости и

мускулы не обнаруживают замѣтнаго различія въ проищаемости. Манипулируя на большихъ разстояніяхъ и съ источниками, имѣющими весьма малые размѣры, получаемъ очень рѣзкія радіограммы. Для полученія болѣе красивыхъ изображеній является весьма цѣлесообразнымъ устранять лучи β (при помощи магнитнаго поля), употребляя только лучи γ . Дѣйствительно, лучи β , проникая снимаемый предметъ, испытываютъ нѣкоторое разсѣяніе и вуализируютъ изображеніе. Устраняя ихъ, приходится увеличивать время экспозиціи, но зато результаты улучшаются. Радіографія такого предмета какъ кошелекъ

Рис. 11.



требуетъ экспозиціи въ теченіе одного дня, если источникомъ радіацій служатъ нѣсколько центриграммовъ радіевой соли, заключенной въ стеклянную трубку и помѣщаемой на разстояніи 1 метра отъ чувствительной пластинки, передъ которою находится объектъ. Если источникъ находится на разстояніи 20 см. отъ пластинки, тотъ же результатъ получается въ теченіе часа. Въ непосредственной близости излучающаго источника чувствительная пластинка подвергается впечатлѣнію мгновенно.

Физиологическія дѣйствія.— Лучи радія дѣйствуютъ на эпидерму. Это дѣйствіе было замѣчено г. Вальхофомъ ⁸⁷⁾ и подтверждено г. Гизелемъ, ⁸⁸⁾ затѣмъ гг. Бекерелемъ и Кюри ⁸⁹⁾.

Радіограмма, полученная съ помощью лучей радія.

Если положить на кожу тощую целулоидную или каучуковую капсулу, содержащую сильно активную радіевую соль, и оставить ее на нѣсколько времени, то на кожѣ образуется краснота—либо сейчасъ, либо по истеченіи нѣкотораго времени, которое бываетъ тѣмъ длиннѣе, чѣмъ слабѣе и кратковременнѣе было дѣйствіе. Красное пятно появляется на томъ мѣстѣ, которое подвергалось воздѣйствію лучей.

Мѣстное измѣненіе кожи имѣеть видъ ожога и такъ же развивается. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ образуется волдырь. Если дѣйствіе было продолжительно, возникаетъ язва, весьма медленно поддающаяся излѣченію. Въ одномъ опытѣ г. Кюри подвергъ свою руку десятичасовому дѣйствію препарата, имѣвшего сравнительно слабую активность. Краснота обнаружилась немедленно, а позднѣе образовалась рана, которая потребовала 4 мѣсяцевъ для излѣченія. Эпидерма потерпѣла мѣстное разрушеніе и возстановилась лишь медленно и съ трудомъ, образовавъ очень замѣтный рубецъ. Получасовое дѣйствіе радія произвело ожогъ по истеченіи 15 дней, при чемъ образовался волдырь; спустя 15 дней наступило излѣченіе. Другой ожогъ, причиненный дѣйствіемъ радія, продолжавшимся всего 8 минутъ, обнаружился краснымъ пятномъ, которое появилось лишь спустя 2 мѣсяца, не сопровождаясь другими послѣдствіями.

Дѣйствіе радія на кожу (въ ослабленной степени) обнаруживается и тогда, если между кожей и радіемъ помѣщенъ металл. Чтобы совершенно предохранить себя отъ этого вліянія, слѣдуетъ не иначе носить радій при себѣ, какъ заключая его въ свинцовую оболочку.

Дѣйствіе радія на кожу было изучаемо докторомъ Данло въ больницѣ св. Людовика съ точки зрѣнія примѣнимости его къ лѣченію нѣкоторыхъ кожныхъ болѣзней, на подобіе того какъ пользуются съ этою цѣлью лучами Рѣнтгена или ультрафіолетовымъ свѣтомъ. Радій даетъ въ этомъ смыслѣ результаты ободряющаго характера; эпидерма, потерпѣвшая частичное разрушеніе, подъ дѣйствіемъ радія возстановляется въ здоровомъ видѣ. Дѣйствіе радія является болѣе глубокимъ сравнительно съ дѣйствіемъ свѣта, и употребленіе его легче, чѣмъ употребленіе свѣта или Рѣнтгеновыхъ лучей. Изученіе условій примѣнимости является по необходимости довольно продолжительнымъ, такъ какъ нѣтъ возможности немедленно составить точное понятіе о послѣдствіяхъ такого примѣненія.

Г. Гизель замѣтилъ дѣйствіе радія на листья растений. Листья, подвергнутые этому дѣйствію, желтѣютъ и сохнутъ.

Г. Гизель открылъ также дѣйствіе лучей радія на глазъ ⁹⁰). Помѣщая въ темнотѣ радиоактивный препаратъ у закрытыхъ вѣкъ или у виска, получаемъ впечатлѣніе свѣта, наполняющаго глазъ. Это явленіе было изучаемо гг. Химстетомъ и Нагелемъ ⁹¹). Эти физики показали, что всѣ среды глаза подъ дѣйствіемъ радія флуоресцируютъ, чѣмъ и объясняется упомянутое свѣтовое ощущеніе. Слѣзные, у которыхъ сѣтчатка не повреждена, чувствительны къ дѣйствію радія; тѣ же, у которыхъ она поражена, не испытываютъ свѣтового ощущенія подъ вліяніемъ радіацій.

Лучи радія причиняютъ препятствіе или замедленіе развитію мик-

робныхъ колоній, однако это дѣйствіе не отличается интенсивностью ⁹²).

Данишъ показалъ, что лучи радія энергически дѣйствуютъ на головной и костный мозгъ. Послѣ часового дѣйствія лучей у животныхъ, подвергнутыхъ опыту, обнаруживаются паралитическія явленія, а спустя нѣсколько дней обыкновенно наступаетъ смерть ⁹³).

Вліяніе температуры на излученіе.—До сихъ поръ мало еще извѣстно относительно того, какъ мѣняется излученіе радиоактивныхъ тѣлъ съ температурой. Однакожь мы знаемъ, что при низкихъ температурахъ излученіе продолжается. Г. Кюри помѣщала стеклянную трубочку съ хлористымъ баріемъ-радіемъ въ жидкій воздухъ ⁹⁴). Въ этихъ условіяхъ свѣченіе радиоактивнаго препарата продолжалось; въ моментъ извлеченія трубочки изъ холодной среды она свѣтится какъ будто даже сильнѣе, чѣмъ при комнатной температурѣ. При температурѣ жидкаго воздуха радій перестаетъ возбуждать флуоресценцію сѣрнокислой соли уранила-калія. Электрическія измѣренія, произведенныя г. Кюри, показали, что излученіе, измѣряемое на извѣстномъ разстояніи отъ источника, имѣетъ одинаковую интенсивность какъ въ случаѣ, когда радій имѣетъ комнатную температуру, такъ и въ случаѣ, если онъ находится при температурѣ жидкаго воздуха. При этихъ опытахъ радій былъ помѣщенъ на днѣ трубки, съ одного конца закрытой. Лучи выходили изъ трубки черезъ открытый конецъ, проходили извѣстную толщю воздуха и попадали въ конденсаторъ. Дѣйствіе лучей на воздухъ въ конденсаторѣ измѣрялось, когда трубка находилась на воздухѣ, и когда она до извѣстной высоты окружена была жидкимъ воздухомъ. Въ томъ и другомъ случаѣ получились одинаковые результаты.

Когда радію сообщаютъ высокую температуру, его радиоактивность сохраняется. Хлористый барій-радіи, только что расплавившійся (примѣрно при 800°), остается радиоактивнымъ и свѣтится. Однако продолжительное нагрѣваніе до высокой температуры влечетъ за собой временное пониженіе радиоактивности препарата. Это пониженіе бываетъ весьма значительно: оно можетъ составлять 75% полного излученія. Для лучей поглощаемыхъ оно менѣе значительно, чѣмъ для проникающихъ: эти послѣдніе нагрѣваніемъ почти вовсе устраняются. Съ теченіемъ времени излученіе возстановляется съ той же силой и съ тѣмъ же составомъ, какіе были свойственны препарату до нагрѣва; это бываетъ спустя примѣрно 2 мѣсяца послѣ нагрѣванія.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Наведенная (привитая) радиоактивность.

Сообщение радиоактивности веществамъ, первоначально не активнымъ. — Въ теченіе нашихъ изслѣдованій надъ радиоактивными веществами мы съ г. Кюри замѣтили, что всякое тѣло, которое нѣсколько времени оставалось по близости какой-нибудь соли, содержащей радій, дѣлается и само радиоактивнымъ⁹⁵). Въ первомъ нашемъ сообщеніи касательно этого предмета мы старались доказать, что радиоактивность, приобретаемая такимъ путемъ не активными веществами, не можетъ быть приписана переносу радиоактивныхъ пылинокъ и отложенію ихъ на поверхности этихъ веществъ. Фактъ этотъ, въ настоящее время достовѣрный, доказывается вполне очевидно совокупностью описываемыхъ ниже опытовъ, особенно же характеромъ тѣхъ законовъ, по которымъ радиоактивность, возбужденная въ не активныхъ по природѣ своей тѣлахъ, исчезаетъ, какъ скоро прекратится дѣйствіе на нихъ радія.

Открытому такимъ образомъ новому явленію мы дали имя наведенной радиоактивности.

Въ томъ же сообщеніи мы указали существенныя черты наведенной радиоактивности. Мы активировали пластинки различныхъ веществъ, помѣщая ихъ по сосѣдству съ твердыми содержащими радій солями, и изслѣдовали радиоактивность этихъ пластинокъ по электрическому способу. При этомъ мы замѣтили слѣдующіе факты:

1. Активность пластинки, подвергнутой дѣйствію радія, увеличивается съ увеличеніемъ времени экспозиціи, приближаясь къ нѣкоторому предѣлу по асимптотическому закону.

2. Активность пластинки, активированной дѣйствіемъ радія и затѣмъ изъятая отъ этого дѣйствія, исчезаетъ черезъ нѣсколько дней, приближаясь съ теченіемъ времени къ нулю по асимптотическому закону.

3. При равенствѣ прочихъ условій радиоактивность, наведенная на различныхъ пластинкахъ однимъ и тѣмъ же радіевымъ препаратомъ,

не зависит от природы пластинки. Стекло, бумага, металлы активируются одинаково сильно.

4. Радиоактивность, наводимая на одной и той же пластинкѣ различными содержащими радій продуктами, имѣеть предѣльное значеніе, тѣмъ болѣе высокое, чѣмъ активнѣе препаратъ.

Вскорѣ послѣ того г. Рѣзерфордъ опубликовалъ работу, изъ которой слѣдуетъ, что торіевы соединенія также способны къ возбужденію наведенной радиоактивности⁹⁶). Г. Рѣзерфордъ нашелъ для этого явленія законы, тождественные съ только что изложенными, и кромѣ того открылъ тотъ важный фактъ, что тѣла, заряженные отрицательнымъ электричествомъ, активируются болѣе энергически въ сравненіи съ другими. Далѣе г. Рѣзерфордъ замѣтилъ, что воздухъ, прошедшій надъ окисью торія, сохраняетъ въ теченіе около 10 минутъ замѣтную электропроводность. Воздухъ, находящійся въ этомъ состояніи, сообщаетъ наведенную радиоактивность не активнымъ тѣламъ, въ особенности отрицательно заряженнымъ. Г. Рѣзерфордъ истолковываетъ свои опыты, допуская, что торіевы соединенія, въ особенности окись, испускаютъ особенную радиоактивную эманацию (истеченіе), которая заряжена положительнымъ электричествомъ и можетъ быть уносима струей воздуха. Эта эманация и является причиной наведенной радиоактивности. Г. Дорнъ⁹⁷) при помощи содержащихъ радій солей барія воспроизвелъ тѣ же опыты, какіе Рѣзерфордъ продѣлалъ съ торіевой окисью.

Г. Дебьернъ показалъ, что актиній въ чрезвычайно сильной степени возбуждаетъ наведенную активность у сосѣднихъ тѣлъ. Вентиляція, какъ и въ случаѣ торія, сильно уменьшаетъ активность⁹⁸).

Наведенная радиоактивность проявляется весьма не регулярно: активируя вещество въ сосѣдствѣ радія на вольномъ воздухѣ, получаютъ въ разныхъ случаяхъ не одни и тѣ же результаты. Гг. Кюри и Дебьернъ замѣтили, что явленіе, наоборотъ, происходитъ весьма правильно, если опытъ производится въ закрытомъ сосудѣ; на этомъ основаніи они стали изучать активированіе въ замкнутой оболочкѣ⁹⁹).

Активированіе въ замкнутой оболочкѣ. — При экспериментированіи въ закрытомъ сосудѣ наведенная радиоактивность бываетъ и сильнѣе и правильнѣе. Активное вещество помѣщается посрединѣ замкнутой оболочки въ маленькомъ стеклянномъ пузырькѣ а съ отверстіемъ о (черт. 12). Различныя пластинки А, В, С, D, Е, помѣщенные внутри сосуда, по истеченіи дня становятся радиоактивными. При однихъ и тѣхъ же размѣрахъ пластинки активность ея бываетъ одинакова, независимо отъ ея природы (свинецъ, мѣдь, алюминій, стекло, эбонитъ, воскъ, картонъ, парафинъ). Активность опредѣленной стороны пласт-

тинки бываетъ тѣмъ болѣе, чѣмъ свободнѣе прилегающее къ этой сторонѣ пространство.

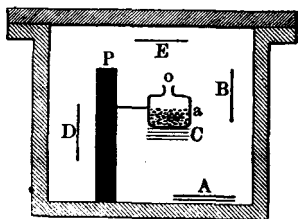
При повтореніи предыдущаго опыта съ пузырькомъ а, совершенно закрытымъ, наведенной радіоактивности не получается вовсе.

Возбужденіе наведенной радіоактивности не стоитъ въ прямой связи съ излученіями радія. Такъ, въ предыдущемъ опытѣ пластинка D, защищенная отъ излученій толстымъ свинцовымъ щитомъ P, активируется такъ же, какъ пластинки B и E.

Радіоактивность постепенно передается по воздуху отъ радіоактивнаго вещества къ тѣлу, которое активируется. Она можетъ передаваться даже на значительныя разстоянія по очень тонкимъ капиллярнымъ трубкамъ.

Наведенная радіоактивность бываетъ болѣе сильной и болѣе правильной, если для ея возбужденія употребляютъ не твердую радіевую соль, а ея водный растворъ.

Черт. 12.



Жидкости способны къ воспринятію наведенной радіоактивности. Напримѣръ можно сдѣлать радіоактивной чистую воду, помѣщая содержащій ее сосудъ внутри замкнутой оболочки, гдѣ находится растворъ радіевой соли.

Нѣкоторыя вещества, будучи помѣщены въ оболочку, служащую для активированія, начинаютъ испускать свѣтъ (фосфоресцирующія и флуоресцирующія тѣла, стекло, писчая и хлопчатая бумага, вода, растворы солей). Особенно ярко свѣтится въ этихъ условіяхъ фосфоресцирующій сѣрнистый цинкъ. Но радіоактивность этихъ свѣтящихся тѣлъ—такая же, какая бываетъ у куска металла или иного тѣла, которое активируется въ тѣхъ же условіяхъ, не издавая свѣта.

Каково бы ни было вещество, активирующееся въ закрытомъ сосудѣ, оно получаетъ активность, возрастающую съ временемъ и наконецъ достигающую предѣльной величины, которая бываетъ всегда одинакова при данномъ активирующемъ тѣлѣ и данномъ устройствѣ опыта.

Предѣльная наведенная радіоактивность не зависитъ отъ природы (воздухъ, водородъ, углекислота) и упругости газа, находящагося въ активирующемъ помѣщеніи.

Предѣльная радіоактивность, наводимая въ одной и той же оболочкѣ, зависитъ только отъ количества радія, находящагося здѣсь въ растворенномъ видѣ, и повидимому является пропорціональной этому количеству.

Значеніе газо́въ въ явленіяхъ наведенной радіоактивности. Эманация.—

Газы, находящіеся внутри оболочки, заключающей твердую или растворенную соль радія, являются радіоактивными. Эта радіоактивность сохраняется, если газы будутъ переведены по трубкѣ въ другой сосудъ (напр. въ пробирку). Стѣнки послѣдней сами тогда становятся радіоактивными; въ темнотѣ пробирка свѣтится. Активность и свѣченіе пробирки затѣмъ совершенно исчезаютъ; но это происходитъ очень медленно, и еще по истеченіи мѣсяца радіоактивность ея можетъ быть наблюдаема.

Еще въ самомъ началѣ нашихъ опытовъ мы съ г. Кюри, нагрѣвая смоляную обманку, извлекали изъ нея сильно радіоактивный газъ; подобно тому какъ въ предыдущемъ опытѣ, активность этого газа въ концѣ концовъ совершенно исчезала ¹⁰⁰).

Такимъ образомъ въ случаѣ торія, радія, актинія наведенная радіоактивность распространяется въ пространствѣ, содержащемъ газы, отъ активнаго тѣла до стѣнокъ заключающей его оболочки; будучи извлечены изъ оболочки, эти газы уносятъ и активирующую способность.

Когда мы по электрическому способу производимъ измѣренія радіоактивности веществъ, содержащихъ радій (пользуясь аппаратомъ, изображеннымъ на черт. I), то воздухъ между обкладками также дѣлается радіоактивнымъ; однако, вентилируя пространство между обкладками, мы не наблюдаемъ замѣтнаго уменьшенія силы тока: это показываетъ, что радіоактивность, разсѣянная въ промежуткѣ между обкладками, незначительна въ сравненіи съ той, которая свойственна самому радію въ твердомъ состояніи.

Совсѣмъ иное бываетъ въ случаѣ торія. Неправильности, которыя наблюдались мною при измѣреніи радіоактивности торіевыхъ соединеній, происходили отъ того, что я въ то время работала съ конденсаторомъ, стоявшимъ открыто на воздухѣ; а самыя ничтожныя воздушныя теченія производятъ здѣсь замѣтное измѣненіе силы тока, потому что радіоактивность, разсѣянная въ пространствѣ, окружающемъ торій, значительна по сравненію съ радіоактивностью самого вещества.

Еще замѣтнѣе бываетъ это въ случаѣ актинія. Очень активное соединеніе актинія кажется гораздо менѣ активнымъ, когда надъ нимъ продуваютъ воздухъ.

Такимъ образомъ газы содержатъ радіоактивную энергію подъ особеннымъ видомъ. Г. Рѣзерфордъ предполагаетъ, что нѣкоторыя радіоактивныя тѣла постоянно выдѣляютъ матеріальный радіоактивный газъ, который онъ называетъ эманацией. Этому газу и можно было бы приписать свойство дѣлать радіоактивными тѣла, находящіеся въ пространствѣ, гдѣ онъ разсѣянъ. Эманация испускается радіемъ, торіемъ и актиніемъ.

Потеря активности активированными твердыми тѣлами, находящимися на воздухѣ.— Твердое тѣло, которое въ теченіе достаточнаго промежутка времени было активировано радіемъ въ закрытомъ помѣщеніи и затѣмъ было оттуда извлечено, теряетъ на воздухѣ свою активность согласно закону, который является для всѣхъ тѣлъ одинаковымъ и который при помощи показательныхъ функций выражается слѣдующей формулой ¹⁰¹):

$$I = I_0 \left(a e^{-\frac{t}{\vartheta_1}} - (a - 1) e^{-\frac{t}{\vartheta_2}} \right),$$

гдѣ I_0 означаетъ начальную напряженность излученія въ моментъ, когда пластинка была вынута изъ активировающей оболочки, I —напряженность въ моментъ t ; a есть числовой коэффициентъ, равный 4.20; ϑ_1 и ϑ_2 —временныя постоянныя: $\vartheta_1 = 2420$ секундъ, $\vartheta_2 = 1860$ секундъ. Къ концу второго или третьяго часа этотъ законъ на практикѣ сводится къ одной первой показательной функціи; вліяніе второй показательной функціи на величину I дѣлается уже незамѣтнымъ. Напряженность излученія уменьшается тогда на половину своей величины въ теченіе 28 минутъ. Этотъ окончательный законъ можетъ быть разсматриваемъ какъ характеристика возвращенія активированныхъ радіемъ, находящихся на воздухѣ твердыхъ тѣлъ къ не активному состоянію.

Твердыя тѣла, активированныя актиніемъ, теряютъ (на воздухѣ) активность согласно показательному закону, близкому къ предыдущему; потеря активности происходитъ лишь нѣсколько медленнѣе ¹⁰²).

Твердыя тѣла, активированныя торіемъ, возвращаются къ не активному состоянію много медленнѣе; напряженность излученія убываетъ на половину въ теченіе 11 часовъ ¹⁰³).

Потеря активности въ закрытомъ сосудѣ. Скорость разрушенія эманаций.—Замкнутая оболочка, активированная радіемъ и затѣмъ изытая отъ его дѣйствія, теряетъ активность гораздо медленнѣе, чѣмъ это происходитъ на открытомъ воздухѣ. Опытъ можетъ быть произведенъ напримѣръ съ стеклянной трубкой, которую активируютъ съ внутренней поверхности, приводя ее на нѣкоторое время въ сообщеніе съ растворомъ радіевой соли; затѣмъ трубку запаиваютъ и мѣряютъ напряженность излученія, испускаемаго наружу сквозь стѣнки трубки, въ теченіе того времени, пока происходитъ потеря активности.

Законъ потери активности представляется показательной функціей. Его можно съ значительною точностью выразить формулой:

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{\vartheta}}$$

I_0 означает начальную напряженность излучения;

I —напряженность излучения в момент t ;

θ —временная постоянная, равная 4.97×10^5 секундам.

Напряженность излучения убывает на половину в течение 4 дней.

Этот закон потери активности совершенно не зависит от условий опыта (размеров оболочки, природы стенок, природы газа в оболочке, продолжительности активирования и т. д.). Он не зависит также и от температуры—в пределах от -180° до $+450^\circ$. Таким образом этот закон потери активности является в высшей степени характерным; он мог бы служить для определения абсолютно независимого эталона времени.

При этих опытах активность стенок поддерживается радиоактивной энергией, накопленной в газе. В самом деле, если удалить газ, образовав внутри оболочки пустоту, то оказывается, что после того потеря активности стенками идет быстрым темпом, так что напряженность излучения убывает на половину в течение 28 минут. Тот же результат получается при замене активированного воздуха внутри оболочки воздухом обыкновенным.

Таким образом закон потери активности, согласно которому она убывает на половину в течение 4 дней, характеризует собою способ исчезновения радиоактивной энергии, скопленной в газе. Пользуясь выражением г. Резерфорда, можем сказать, что эманация радия самопроизвольно исчезает с течением времени, убывая на половину в каждые 4 дня.

Эманация тория имеет иную природу и исчезает гораздо быстрее. Активирующая способность убывает на половину в течение примерно 1 минуты 10 секунд.

Эманация актиния исчезает еще быстрее: половинная убыль происходит в несколько секунд.

Гг. Елстерь и Гейтель показали, что в атмосферном воздухе всегда присутствует (в весьма малом количестве) радиоактивная эманация, сходная с эманациями радиоактивных тел. Металлические проволоки, натянутые в воздух и поддерживаемые при отрицательном потенциале, активируются под влиянием этой эманации. В особенности бывает обильна эманацией воздух, всасываемый при помощи трубы, вставленной в почву¹⁰⁴). Происхождение этой эманации еще неизвестно.

Воздух, извлеченный из некоторых минеральных вод, содержит эманацию, тогда как воздух, содержащийся в морской и речной воде, почти лишен ее.

Природа эманаций.—По мнению г. Резерфорда эманация радиоактивного тела представляет собою материальный радиоактивный газ,

выдѣляющійся изъ этого тѣла. Въ самомъ дѣлѣ, радіева эманация во многихъ отношеніяхъ подобна обыкновенному газу.

Если привести въ сообщеніе два стеклянныхъ резервуара, изъ которыхъ одинъ содержитъ эманацию, а другой—нѣтъ, то эманация дифундируя проникаетъ во второй резервуаръ; по наступленіи равновѣсія оказывается, что эманация распредѣлилась между обоими резервуарами такъ, какъ это было бы въ случаѣ обыкновеннаго газа: если температура обоихъ резервуаровъ одинакова, то эманация распредѣляется между ними пропорціонально ихъ объемамъ; если температуры ихъ различны, то распредѣленіе происходитъ такъ же, какъ въ случаѣ идеальнаго газа, подчиняющагося законамъ Мариота и Ге-Люсака. Чтобы въ этомъ убѣдиться, достаточно смѣрнить излученіе перваго резервуара до и послѣ распредѣленія (излученіе пропорціонально количеству эманации, содержащейся въ резервуарѣ). Но такъ какъ для дифузии требуется извѣстное время, покуда не установится равновѣсіе, то—для точности относящагося къ этому опыту расчета—необходимо принять во вниманіе самопроизвольное разрушеніе эманации съ теченіемъ времени ¹⁰⁵).

Радіева эманация дифундируетъ вдоль узкой трубки, согласно законамъ дифузии газовъ; ея коэффициентъ дифузии близокъ къ коэффициенту дифузии углекислоты ¹⁰⁵).

Гг. Резерфордъ и Соди показали, что эманации радія и торія сгущаются при температурѣ жидкаго воздуха подобно газу, обращающемуся въ жидкость при этой температурѣ. Струя воздуха, содержащаго эманацию, теряетъ свои радиоактивныя свойства во время прохожденія по змѣвику, погруженному въ жидкій воздухъ; эманация остается въ змѣвицѣ въ сгущенномъ видѣ и при нагрѣваніи его опять приходитъ въ газообразное состояніе. Радіева эманация сгущается при— 150° , торіева—при нѣкоторой температурѣ, заключенной между предѣлами— 100° и— 150° ¹⁰⁶). Можно произвести такой опытъ: два закрытыхъ стеклянныхъ резервуара—одинъ большой, другой малый—сообщаются между собой при помощи короткой трубки, снабженной краномъ; они наполнены газомъ, активированнымъ помощью радія, и поэтому оба издаютъ свѣтъ. Если погрузить меньшій резервуаръ въ жидкій воздухъ, то вся эманация сгущается здѣсь; черезъ нѣкоторое время прекращаютъ сообщеніе между резервуарами, закрывая кранъ, и затѣмъ вынимаютъ меньшій резервуаръ изъ жидкаго воздуха. Оказывается, что меньшій резервуаръ содержитъ теперь всю активность. Чтобы въ этомъ убѣдиться, достаточно наблюдать фосфоресценцію стекла обоихъ резервуаровъ. Большой резервуаръ не свѣтится болѣе, тогда какъ малый свѣтится сильнѣе, чѣмъ въ началѣ опыта. Опытъ имѣетъ особенно эффектный видъ, если заранѣе по-

крыть стѣнки обоихъ резервуаровъ фосфоресцирующимъ сѣрнистымъ цинкомъ.

Однакожь если бы радіева эманация была совершенно подобна сжижаемому газу, то температура сжиженія при охлажденіи должна бы быть функціей количества эманации, содержащагося въ извѣстномъ объемѣ воздуха; а этого не было замѣчено.

Надобно также замѣтить, что эманация съ большой легкостью проникаетъ сквозь тончайшія отверстія или щели въ твердыхъ тѣлахъ—хотя обыкновенные матеріальные газы могли бы течь въ этихъ условіяхъ лишь съ чрезвычайной медленностью.

Наконечъ, радіева эманация отличается отъ обыкновеннаго матеріальнаго газа въ томъ отношеніи, что она самопроизвольно разрушается, будучи заключена въ запаянную стеклянную трубку: по крайней мѣрѣ, въ этихъ условіяхъ наблюдается исчезновеніе радиоактивной способности. А эта радиоактивная способность при настоящемъ состояніи нашихъ свѣдѣній является единственной характеристикой эманации, ибо до сихъ не установлено съ достовѣрностью ни существованіе характернаго спектра эманации, ни зависящее отъ нея давленіе.

Однако въ самое послѣднее время гг. Рамсэй и Содди наблюдали въ спектрѣ извлеченныхъ изъ радія газовъ новыя линіи, которыя, по ихъ мнѣнію, могутъ принадлежать радіевой эманации. Они установили также, что извлеченные изъ радія газы содержатъ гелій, и что этотъ послѣдній газъ въ присутствіи радіевой эманации возникаетъ самопроизвольно¹⁰⁷⁾. Если эти весьма важныя результаты подтвердятся, то быть можетъ надо будетъ смотрѣть на эманацию какъ на нестойкій матеріальный газъ, а гелій быть можетъ является однимъ изъ продуктовъ самопроизвольнаго разложенія этого газа.

Повидимому эманации радія и торія не испытываютъ измѣненій подъ вліяніемъ разныхъ весьма энергичныхъ химическихъ дѣятелей: на этомъ основаніи гг. Резерфордъ и Содди уподобляютъ ихъ газамъ группы аргона¹⁰⁸⁾.

Измѣненіе активности активированныхъ жидкостей и содержащихъ радійъ растворовъ.—Любая жидкость становится радиоактивной, если содержащей ее сосудъ будетъ внесенъ въ активирующее помѣщеніе. Будучи извлечена отсюда и оставлена на воздухѣ, она быстро теряетъ свою активность, уступая ее окружающимъ газамъ и твердымъ тѣламъ. Если заключить активированную жидкость въ закрытую склянку, то потеря активности происходитъ много медленнѣе; тогда активность убываетъ на половину въ теченіе 4 дней—какъ это имѣетъ мѣсто для активированнаго газа, находящагося въ закрытомъ со-

судѣ. Можно объяснить этотъ фактъ, допуская, что радиоактивная энергія накапливается въ жидкостяхъ въ той же формѣ, въ какой она содержится въ газахъ (въ формѣ эманациі).

Отчасти сходныя съ этимъ черты обнаруживаются содержащими радій растворами. Прежде всего является весьма замѣчательнымъ, что растворъ радіевой соли, въ теченіе нѣкотораго времени помѣщающійся въ закрытой оболочкѣ, бываетъ не болѣе активенъ, чѣмъ чистая вода, содержащаяся въ сосудѣ, который находится въ той же оболочкѣ—предполагая, что равновѣсіе активности уже установилось. Если растворъ, содержащій радій, будетъ извлеченъ изъ этой оболочки и оставленъ на воздухѣ въ широкомъ открытомъ сосудѣ, то активность разсѣивается въ пространство, и растворъ дѣлается почти не активнымъ, хотя онъ по прежнему содержитъ радій. Если тогда помѣстимъ этотъ лишенный активности растворъ въ закрытую склянку, то онъ мало-по-малу (недѣли въ двѣ) опять достигаетъ нѣкоторой предѣльной величины активности; эта величина можетъ быть значительной. Напротивъ того, жидкость, не содержащая радія, которая была активирована и затѣмъ лишилась активности на открытомъ воздухѣ, не восстанавливаетъ ея послѣ помѣщенія въ закрытую склянку.

Теорія радиоактивности.—Вотъ, по гг. Кюри и Дебьерну ¹⁰⁹⁾, весьма общая теорія, позволяющая связать воедино результаты изученія наведенной радиоактивности, которые только что были мной изложены и которые являются фактами, не зависящими ни отъ какой гипотезы.

Можно принять, что каждый атомъ радія дѣйствуетъ въ качествѣ непрерывнаго и постояннаго источника энергіи; при этомъ нѣтъ надобности точно устанавливать, откуда идетъ эта энергія. Радиоактивная энергія, скопляющаяся въ радіи, стремится къ разсѣянію двоякимъ путемъ: 1. посредствомъ излученія (лучи, заряженные электричествомъ и не заряженные имъ); 2. путемъ проводимости, то есть посредствомъ постепенной передачи окружающимъ тѣламъ черезъ газы и жидкости (выдѣленіе эманациі и переходъ въ наведенную радиоактивность).

Трата радиоактивной энергіи—какъ посредствомъ излученія, такъ и путемъ проводимости—возрастаетъ съ количествомъ накопленной въ радиоактивномъ тѣлѣ энергіи. Когда эта двоякая затрата компенсируется непрерывнымъ, зависящимъ отъ свойствъ радія приходомъ энергіи, то устанавливается состояніе равновѣсія. Такая точка зрѣнія сходна съ общепринятой по отношенію къ тепловымъ явленіямъ. Если въ силу какой-либо причины внутри тѣла происходитъ непрерывное и постоянное выдѣленіе теплоты, то теплота скопляется въ

тѣлѣ, повышая его температуру, пока потеря теплоты излученіемъ и проводимостью не уравнивается непрерывнаго ея притока.

Черезъ твердыя тѣла активность вообще не передается, кромѣ какъ въ нѣкоторыхъ особенныхъ условіяхъ. Если мы сохраняемъ растворъ въ запаянной трубкѣ, то имѣеть мѣсто лишь затрата путемъ излученія, и лучедѣятельность раствора получаетъ значительную величину. Если, наоборотъ, растворъ находится въ открытомъ сосудѣ, то трата активности черезъ проводимость дѣлается значительной; по достиженіи равновѣснаго состоянія лучедѣятельность раствора очень мала.

Лучедѣятельность содержащей радій твердой соли, оставленной на открытомъ воздухѣ, не уменьшается замѣтнымъ образомъ, потому что распространеніе радиоактивности проводимостью не происходитъ черезъ твердыя тѣла; наведенная радиоактивность возбуждается въ этомъ случаѣ только очень тонкимъ поверхностнымъ слоемъ. Въ самомъ дѣлѣ, растворъ той же самой соли обнаруживаетъ явленія наведенной радиоактивности въ гораздо болѣе сильной степени. Когда мы имѣемъ твердую соль, лучедѣятельная энергія накапливается въ ней и разсѣивается главнымъ образомъ путемъ излученія. Наоборотъ, когда соль въ теченіе нѣсколькихъ дней находится въ водномъ растворѣ, то лучедѣятельная энергія распределяется между водой и солью; если раздѣлить ихъ перегонкой, то вода уноситъ значительную долю активности, а твердая соль оказывается значительно (въ 10—15 разъ) менѣе активной, чѣмъ до растворенія. Затѣмъ твердая соль мало-помалу возстановляетъ свою первоначальную активность.

Можно попытаться еще болѣе специализировать предыдущую теорію, допуская, что лучедѣятельность самого радія зависитъ—по крайней мѣрѣ въ значительной части—отъ радиоактивной энергіи, выдѣляемой подъ видомъ эманации.

Можно принять, что каждый атомъ радія является непрерывнымъ и постояннымъ источникомъ эманации. Въ самое время своего возникновенія эта форма энергіи испытываетъ постепенное превращеніе въ радиоактивную энергію Бекерелевыхъ излученій; скорость этого преобразованія пропорціональна количеству наличной эманации.

Когда растворъ, содержащій радій, заключенъ въ оболочку, то эманация можетъ распространяться внутри оболочки и по внутренней поверхности стѣнокъ. Здѣсь-то она и преобразуется въ излученіе, тогда какъ растворъ испускаетъ лишь небольшое количество лучей Бекереля: излученіе, такъ сказать, овиѣшилось. Въ твердомъ радіи—наоборотъ—эманация, не будучи въ состояніи легко уходить, накапливается и преобразуется въ Бекерелевы излученія на мѣстѣ; поэтому здѣсь это излученіе достигаетъ значительныхъ размѣровъ ¹¹⁰).

Если бы эта теорія радиоактивности имѣла общее значеніе, то

надо было бы допустить, что эманация испускается всѣми радиоактивными тѣлами. Это было установлено для радія, торія и актинія; послѣдній даже въ твердомъ состояннн испускаеть огромное количество эманации. Уранъ и полоній повидимому не испускають эманации, хотя испускають Бекерелевы лучи. Эти тѣла не возбуждаютъ наведенной радиоактивности въ закрытомъ сосудѣ, какъ радиоактивныя тѣла, названныя выше. Этотъ фактъ однакожь не стоитъ въ абсолютномъ противорѣчнн съ предыдущей теорией. Въ самомъ дѣлѣ, если бы уранъ и полоній испускали эманации, очень быстро разрушающіяся, то было бы крайне трудно наблюдать увлеченіе этихъ эманаций воздухомъ и эффекты привитой радиоактивности, производимые ими на сосѣднія тѣла. Такая гипотеза не является неправдоподобной, ибо напримѣръ времена, въ теченіе которыхъ убываютъ на половину эманации радія и торія, находятся между собой въ отношенн 5000:1. Мы увидимъ впрочемъ, что въ извѣстныхъ условіяхъ уранъ можетъ возбуждать наведенную радиоактивность.

Другая форма привитой радиоактивности. — Согласно закону потери активности твердыми тѣлами, активированными радіемъ и находящимися на воздухѣ, лучедѣятельность ихъ становится почти незамѣтной къ концу одного дня.

Нѣкоторыя тѣла представляютъ однакожь исключеніе, таковы: целулоидъ, парафинъ, каучукъ и пр. Если эти тѣла активировались въ теченіе достаточно продолжительнаго времени, то они теряють активность медленно, чѣмъ слѣдовало бы по закону; нерѣдко протекаетъ 15—20 дней, покуда активность ихъ сдѣлается незамѣтной. Повидимому эти тѣла имѣють способность усваивать радиоактивную энергію подъ видомъ эманации; они затѣмъ теряють ее мало-по-малу, возбуждая наведенную радиоактивность по сосѣдству.

Медленно развивающаяся наведенная радиоактивность. — Наблюдается еще совсѣмъ иная форма наведенной радиоактивности, которая повидимому возбуждается во всѣхъ тѣлахъ послѣ пребыванія въ активнрующемъ помѣщенн въ теченіе мѣсяца. По удаленн отсюда активность ихъ сначала уменьшается до весьма малой величины согласно обычному закону (половинная убыль въ каждые полчаса); но послѣ того какъ активность упала примѣрно до $\frac{1}{20000}$ начальнаго значенія, она уже не убываетъ—или по крайней мѣрѣ измѣняется чрезвычайно медленно; иногда она даже увеличивается. У насъ есть мѣдныя, алюминіевыя, стеклянныя пластинки, которыя сохраняють такую остаточную активность уже болѣе 6 мѣсяцевъ.

Эти явленія наведенной радиоактивности имѣють повидимому со-

вершенно иную природу, чѣмъ обычная наведенная радиоактивность; развитіе ихъ происходитъ гораздо медленнѣе. И возникновеніе и уничтоженіе этого вида наведенной радиоактивности требуетъ значительнаго времени.

Наведенная радиоактивность тѣлъ, растворенныхъ вмѣстѣ съ радіемъ. — Въ первыхъ стадіяхъ обработки радиоактивнаго минерала, производимой съ цѣлью извлеченія радія, случается выполнять химическія раздѣленія, послѣ которыхъ вся радиоактивность оказывается сполна принадлежащей одному изъ продуктовъ реакціи, другой же продуктъ является совершенно не активнымъ. Такимъ образомъ отдѣляются съ одной стороны лучедѣятельные продукты, которые могутъ быть въ нѣсколько сотъ разъ активнѣе урана, съ другой—совершенно не активные мѣдь, сурьма, мышьякъ и пр. Нѣкоторыя же другія тѣла (железо, свинецъ) никогда не бывають отдѣлены въ совершенно не активномъ состояніи. По мѣрѣ сосредоточенія лучедѣятельныхъ тѣлъ происходитъ перемѣна: ни одно химическое раздѣленіе не даетъ уже вполнѣ не активныхъ продуктовъ; всѣ порціи, происходящія отъ раздѣленія, всегда являются активными въ той или иной степени.

Послѣ открытія наведенной радиоактивности г. Гизель первый попытался активировать обыкновенный не активный висмутъ, вводя его въ растворъ съ очень активнымъ радіемъ. Онъ получилъ такимъ путемъ радиоактивный висмутъ ¹¹¹) и заключилъ отсюда, что извлекаемый изъ смоляной обманки полоній вѣроятно есть просто висмутъ, активированный благодаря сосѣдству съ содержащимся здѣсь радіемъ.

Я также готовила активированный висмутъ, вводя висмутъ въ растворъ съ очень активной солью, содержащею радій.

Трудность этого опыта заключается въ томъ, что приходится чрезвычайно тщательно устранять радій изъ раствора. Когда знаешь, какого ничтожно малаго количества радія достаточно для сообщенія весьма замѣтной радиоактивности грамму вещества, то никакъ не рѣшаешься повѣрить въ достаточность выполненныхъ промывокъ и очистокъ активированнаго продукта. А каждая очистка влечетъ за собой пониженіе активности активированнаго продукта — потому ли, что дѣйствительно отсюда удаляются слѣды радія, или потому, что въ этихъ условіяхъ наведенная радиоактивность не противостоитъ химическимъ превращеніямъ.

Однакожь полученные мною результаты повидимому устанавливають съ достовѣрностью, что активированіе имѣетъ мѣсто и остается послѣ удаленія радія. Такимъ образомъ, фракціонируя азотно-кислую соль моего активированнаго висмута путемъ осажденія азотно-кислаго раствора водой, я нашла, что послѣ очень тщательной очистки

она фракціонується якъ полоній, такъ что самая активная часть випадаєт всегo раньше. Если очистка не достаточна, происходитъ обратное: это значитъ, что рядомъ съ активированнымъ висмутомъ еще находятся слѣды радія. Я получила такимъ образомъ активированный висмутъ, для котораго ходъ фракціонировки служилъ свидѣтельствомъ значительной чистоты, и который былъ въ 2000 разъ активнѣе урана. Этотъ висмутъ теряетъ активность съ временемъ. Но другая часть того же продукта, приготовленная съ тѣми же предосторожностями и фракціонирующаяся въ томъ же смыслѣ, уже въ теченіе трехъ лѣтъ сохраняетъ свою активность (превышающую въ 150 разъ активность урана) безъ замѣтнаго уменьшенія.

Я активировала также свинецъ и серебро, вводя ихъ въ растворъ съ радіемъ. Получаемая такимъ путемъ наведенная радиоактивность всегo чаще почти не убываетъ съ временемъ, но вообще она не противостоитъ послѣдовательнымъ химическимъ преобразованіямъ активированнаго вещества.

Г. Дебьернъ ¹¹²⁾ активировалъ барій, переводя его въ растворъ вмѣстѣ съ актиніемъ. Этотъ активированный барій остается активнымъ послѣ различныхъ химическихъ превращеній; такимъ образомъ его активность является довольно стойкимъ атомнымъ свойствомъ. Хлоридъ активированнаго барія фракціонуется какъ хлоридъ барія, содержащій радій, такъ что наиболѣе активныя части являются наименѣ растворимыми въ водѣ и разведенной соляной кислотѣ. Сухой хлоридъ самопроизвольно свѣтится; его Бекерелево излученіе аналогично тому, которое производится хлористымъ баріемъ - радіемъ. Г. Дебьернъ изготовилъ активированный хлористый барій, который былъ въ 1000 разъ активнѣе урана. Этотъ барій однакожь не приобрѣлъ всѣхъ характерныхъ чертъ радія, ибо въ спектроскопѣ онъ не давалъ ни одной изъ самыхъ даже яркихъ радіевыхъ линій. При томъ его активность убывала съ временемъ, и къ концу третьей недѣли стала въ три раза менѣ чѣмъ въ началѣ.

Активированіе веществъ путемъ совмѣстнаго растворенія ихъ съ радиоактивными тѣлами ожидаетъ еще подробнаго изслѣдованія. По видимому въ зависимости отъ условій опыта можно получать болѣе или менѣ стойкія формы наведенной атомной радиоактивности. Быть можетъ радиоактивность, наводимая въ этихъ условіяхъ, тожественна съ медленно-развивающейся формой, получаемой путемъ длительного активированія на разстояніи въ активирующемъ помѣщеніи. Умѣстно задаться вопросомъ, въ какой мѣрѣ наведенная атомная радиоактивность вліяетъ на химическую природу атома, и можетъ ли она видоизмѣнить его химическія свойства — будь то преходящимъ или длительнымъ образомъ.

Химическое изслѣдованіе тѣлъ, активированныхъ на разстояніи, затрудняется тѣмъ обстоятельствомъ, что активированіе здѣсь ограничено очень тонкимъ поверхностнымъ слоемъ, и поэтому количество вещества, которое могло бы подвергнуться превращенію, является чрезвычайно малымъ.

Можно также получить привитую радиоактивность, переводя извѣстныя вещества въ растворъ вмѣстѣ съ ураномъ. Такой опытъ удается съ баріемъ. Если, какъ сдѣлалъ г. Дебьернъ, прилить сѣрной кислоты къ раствору, содержащему уранъ и барій, то выпадающій сѣрнокислый барій увлекаетъ съ собою активность, а уранова соль въ то же время теряетъ часть своей активности. Г. Бекерель нашелъ, что если эту операцію повторить нѣсколько разъ, то получается уранъ едва только активный. Поэтому можно было бы подумать, будто здѣсь удалось выдѣлать изъ урана отличающееся отъ него радиоактивное тѣло, своимъ присутствіемъ обуславливающее его радиоактивность. Однакожь это не такъ, потому что спустя нѣсколько мѣсяцевъ уранъ восстанавливаетъ свою первоначальную активность, а осажденный сѣрнокислый барій, наоборотъ, теряетъ ту, которую приобрѣлъ.

Сходное явленіе имѣетъ мѣсто для торія. Г. Резерфордъ осаждаетъ аміакомъ растворъ торіевой соли; растворъ онъ отдѣляетъ и выпариваетъ до суха. Такимъ образомъ получается небольшое количество очень активнаго остатка, а осажденный торій оказывается менѣе активнымъ, чѣмъ прежде. Этотъ активный остатокъ, которому г. Резерфордъ даетъ имя торія X, теряетъ свою активность съ временемъ, тогда какъ торій восстанавливаетъ свою начальную активность ¹¹³).

Повидимому, въ отношеніи активированія въ растворенномъ видѣ различныя тѣла ведутъ себя не одинаково: нѣкоторыя изъ нихъ обнаруживаютъ гораздо большую восприимчивость къ активированію, чѣмъ другія.

Разсыпаніе радиоактивной пыли и наведенная радиоактивность лабораторіи.— Во время изслѣдованій надъ сильно радиоактивными веществами слѣдуетъ принимать спеціальныя предосторожности, если желаютъ имѣть возможность непрерывно выполнять тонкія измѣренія. Разнаго рода предметы, употребляющіеся въ химической лабораторіи или служащіе для физическихъ опытовъ, немедленно всѣ дѣлаются радиоактивными и дѣйствуютъ на фотографическія пластинки сквозь черную бумагу. Пыль, комнатный воздухъ, платье становятся радиоактивны; комнатный воздухъ проводитъ электричество. Въ лабораторіи, гдѣ мы работаемъ, дѣло дошло до того, что мы уже не можемъ какъ слѣдуетъ изолировать ни одного прибора.

Поэтому слѣдуетъ принимать особенныя предосторожности съ цѣлью сколько возможно избѣгнуть разсѣянiя активной пыли, а также чтобы устранить возникновенiе явленiй наведенной радиоактивности.

Предметы, употребляемые въ химiи, никогда не должны быть вносимы въ комнату для физическихъ изслѣдованiй; слѣдуетъ насколько возможно избѣгать находенiя въ этой комнатѣ активныхъ веществъ безъ надобности. До начала нашихъ изслѣдованiй мы имѣли обыкновенiе, работая надъ статическимъ электричествомъ, соединять между собой различные аппараты при помощи изолированныхъ проволокъ, защищенныхъ отведенными къ землѣ металлическими цилиндрами, которые предохраняли проволоки отъ всякаго внѣшняго электрическаго влiянiя. При работѣ надъ радиоактивными тѣлами это устройство является совершенно неудовлетворительнымъ; такъ какъ воздухъ проводитъ электричество, то изоляцiя между проволокой и цилиндромъ недостаточна, и неизбежная контактная разность между ними стремится возбудить токъ черезъ воздухъ и отклоняетъ электрометръ. Теперь мы защищаемъ всѣ соединительныя проволоки отъ соприкосновенiя съ воздухомъ, помѣщая ихъ напримѣръ внутрь цилиндровъ, наполненныхъ парафиномъ или другимъ изолирующимъ веществомъ. При этихъ изслѣдованiяхъ было бы также выгодно пользоваться вполне закрытыми электрометрами.

Активированiе безъ содѣйствiя радиоактивныхъ веществъ.—Были попытки произвести наведенную радиоактивность безъ содѣйствiя радиоактивныхъ веществъ. Г. Виларъ ¹¹⁴⁾ подвергъ дѣйствию катодныхъ лучей кусокъ висмута, помѣщенный въ качествѣ антикатада въ Круксовой трубкѣ; этотъ висмутъ сдѣлался активнымъ — правда, въ чрезвычайно слабой степени, такъ какъ для полученiя фотографическаго дѣйствiя при его помощи потребовалось 8 дней.

Г. Макъ Ленанъ подвергаетъ различныя соли дѣйствию катодныхъ лучей и затѣмъ слегка нагрѣваетъ ихъ. Тогда онѣ приобрѣтаютъ способность разряжать тѣла, заряженныя положительно ¹¹⁵⁾.

Изслѣдованiя этого рода представляютъ большой интересъ. Если бы оказалось возможнымъ, пользуясь известными физическими дѣятелями, создавать въ тѣлахъ, первоначально не активныхъ, замѣтную радиоактивность, то мы могли бы надѣяться найти такимъ образомъ причину самопроизвольной радиоактивности нѣкоторыхъ веществъ.

Измѣненiя активности радиоактивныхъ тѣлъ. Влiянiе растворенiя.—Какъ сказано выше, активность полонiя убываетъ съ временемъ. Эта убыль медленна и повидимому для разныхъ образцовъ происходитъ не одинаково скоро. Образчикъ азотнокислаго висмута, содержав-

шаго полоній, потерялъ половину своей активности въ 11 мѣсяцевъ и 95% ея въ 33 мѣсяца. Другіе образцы испытали подобныя же измѣненія.

Одинъ образчикъ металлическаго висмута-полонія былъ приготовленъ изъ соли азотистой кислоты, которая послѣ своего изготовленія была въ 100.000 разъ активнѣе урана. Въ настоящее время этотъ металлъ является тѣломъ лишь средней активности (въ 2000 разъ активнѣе урана). Время отъ времени его радиоактивность измѣрялась. Въ теченіе 6 мѣсяцевъ этотъ металлъ потерялъ 67% своей активности.

Химическія реакціи повидимому не содѣйствуютъ потерѣ активности. При быстрыхъ химическихъ операціяхъ вообще не наблюдается значительнаго пониженія ея.

Въ противоположность тому, что имѣетъ мѣсто для полонія, соли, содержащія радій, обладаютъ постоянной радиоактивностью, которая не обнаруживаетъ замѣтнаго пониженія въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ.

Свѣже приготовленная твердая радіева соль вначалѣ не имѣетъ постоянной активности. Ея активность увеличивается начиная со времени изготовленія и спустя приблизительно мѣсяць достигаетъ предѣльной величины, не обнаруживающей замѣтныхъ измѣненій. Не то—въ растворѣ. Растворъ послѣ своего изготовленія бываетъ вначалѣ очень активенъ, но, оставаясь на открытомъ воздухѣ, быстро теряетъ активность и наконецъ получаетъ предѣльную активность, которая можетъ быть гораздо меньше начальнаго значенія. Эти измѣненія активности впервые наблюдались г. Гизелемъ ¹¹⁶). Онѣ хорошо объясняются съ точки зрѣнія теоріи эманачіи. Убыль активности раствора соотвѣтствуетъ тратѣ эманачіи, разсѣивающейся въ пространство; эта убыль бываетъ гораздо менѣе, если растворъ находится въ запаянной трубкѣ. Растворъ, потерявшій активность на открытомъ воздухѣ, вновь получаетъ большую активность, если его заключить въ запаянную трубку. Періодъ возрастанія активности у соли, которая была переведена изъ раствора въ твердое состояніе, представляетъ собой время, въ теченіе котораго эманачія сызнова накапливается въ твердомъ радіи.

Вотъ нѣсколько относящихся сюда опытовъ:

Растворъ хлористаго барія, содержащаго радій, оставленный въ теченіе 2 дней на открытомъ воздухѣ, дѣлается въ 300 разъ менѣе активнымъ.

Растворъ находится въ закрытомъ сосудѣ; сосудъ открываютъ, растворъ выливаютъ въ ванну и измѣряютъ его активность:

Активность, измѣренная тотчасъ же	67
» » спустя 2 часа	20
» » » 2 дня	0.25

Растворъ хлористаго барія, содержащаго радій, находившійся на открытомъ воздухѣ, заключенъ въ запаянную стеклянную трубку. Активность этой трубки измѣряютъ и получаютъ такіе результаты:

Активность, измѣренная тотчасъ же	27
” ” спустя 2 дня	61
” ” ” 3 дня	70
” ” ” 4 дня	81
” ” ” 7 дней.	100
” ” ” 11 дней	100

Начальная активность твердой соли по ея изготовленіи бываетъ тѣмъ слабѣе, чѣмъ дольше находилась она въ растворѣ; тѣмъ большая доля активности переходитъ тогда къ растворителю. Вотъ начальныя активности, полученныя для хлористаго соединенія, котораго предѣльная активность равна 800 и которое находилось въ растворѣ въ теченіе того или иного промежутка времени, послѣ чего соль просушивали и тотчасъ же измѣряли ея активность:

Предѣльная активность	800
Начальная активность послѣ растворенія и немедленной просушки	440
Начальная активность послѣ того какъ соль оставалась въ растворѣ 5 дней	120
” ” ” ” ” ” ” ” ” ” 18 дней	130
” ” ” ” ” ” ” ” ” ” 32 дня	114

Въ этомъ опытѣ сосудъ съ растворенной солью былъ накрытъ простымъ часовымъ стеклышкомъ.

Изъ одной и той же соли я приготовила два раствора, которые въ теченіе 13 мѣсяцевъ сохранялись въ запаянныхъ трубкахъ; одинъ изъ нихъ былъ въ 8 разъ крѣпче другого:

Начальная активность соли изъ крѣпкаго раствора послѣ просушки	200
Начальная активность соли изъ слабаго раствора послѣ просушки	100

Такимъ образомъ испытываемая солью потеря активности бываетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ болѣе количество растворителя, такъ какъ передаваемая жидкости радиоактивная энергія должна тогда насытить большій объемъ жидкости и наполнить большее пространство. Впрочемъ два образчика одной и той же соли, имѣвшіе неодинаковую начальную активность, увеличивали свою активность вначалѣ съ весьма различной скоростью; спустя одинъ день они имѣли одну и ту же активность, и приростъ активности продолжался совершенно одинаково у обоихъ до самаго предѣла.

Если растворъ слабъ, то соль теряетъ свою активность очень быстро, какъ показываютъ слѣдующіе опыты: три равныя порціи одной и той же содержащей радій соли растворены въ равныхъ количествахъ воды. Первый растворъ А оставленъ на открытомъ воздухѣ въ теченіе

одного часа и затѣмъ высушенъ. Черезъ второй растворъ Б въ теченіе часа была пропускаема струя воздуха, затѣмъ онъ былъ высушенъ. Третій растворъ В оставался на открытомъ воздухѣ 13 дней, затѣмъ былъ высушенъ. Начальныя активности трехъ солей таковы:

Для порціи А	145.2
„ „ Б	141.6
„ „ В	102.6

Предѣльная активность составляетъ около 470. Такимъ образомъ, къ концу перваго часа совершилась уже значительнѣйшая часть процесса. При этомъ струя воздуха, въ теченіе часа пропускавшаяся черезъ растворъ Б, произвела лишь незначительное дѣйствіе. Содержаніе соли въ растворѣ составляло приблизительно $\frac{1}{2}\%$.

Радиоактивная энергія въ формѣ эманации съ трудомъ распространяется изъ твердаго радія въ воздухъ; она испытываетъ также сопротивленіе при переходѣ изъ твердаго радія въ жидкость. Активность содержащей радій сѣрнокислой соли, которая въ теченіе цѣлаго дня подвергалась взбалтыванію съ водой, является такой же, какъ активность той же соли, оставленной на воздухѣ.

Образуя надъ содержащею радій солью пустоту, мы устраняемъ всю наличную эманацию. Однако радиоактивность содержавшаго радій хлористаго соединенія, надъ которымъ мы поддерживали пустоту въ теченіе 6 дней, не измѣнилась замѣтнымъ образомъ вслѣдствіе этой операции. Этотъ опытъ показываетъ, что лучедѣятельность соли зависитъ главнымъ образомъ отъ радиоактивной энергіи, вѣдренной внутри зеренъ, которую нельзя удалить при помощи пустоты.

Потеря активности, испытываемая радіемъ при переходѣ черезъ растворенное состояніе, является относительно болѣе значительной для проникающихъ лучей, чѣмъ для поглощаемыхъ. Вотъ нѣсколько примѣровъ:

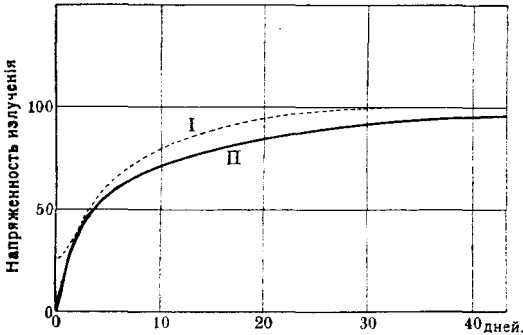
Хлористое соединеніе съ содержаніемъ радія, пріобрѣтшее предѣльную активность, равную 470, было растворено и оставалось въ растворѣ въ теченіе часа; послѣ того оно было просушено и по электрическому способу была измѣрена его начальная радиоактивность. Оказалось, что полное начальное излученіе равно 0.3 полного предѣльнаго излученія. Если же мы мѣряемъ излученіе, накрывая активное вещество алюминіевымъ экраномъ въ $\frac{1}{100}$ мм. толщины, то оказывается, что начальное излученіе, проникающее сквозь этотъ экранъ, составляетъ лишь 0.17 предѣльнаго излученія, проникающаго сквозь тотъ же экранъ.

Оставляя соль въ растворѣ на 13 дней, находимъ полное начальное излученіе равнымъ 0.22 полного предѣльнаго излученія; излученіе же, проходящее сквозь $\frac{1}{100}$ мм. алюминія, составляетъ 0.13 предѣльнаго.

Въ обоихъ случаяхъ отношеніе начальнаго излученія (послѣ растворенія) къ предѣльному излученію бываетъ приблизительно въ 1.7 раза больше для полнаго излученія, чѣмъ для излученія, проходящаго сквозь $\frac{1}{100}$ мм. алюминія.

Надо впрочемъ замѣтить, что во время слѣдующей за раствореніемъ просушки продукта

Чер. 13.



нельзя бываетъ избѣгать нѣкотораго промежутка времени, въ теченіе котораго продуктъ находится въ недостаточномъ определенномъ состояніи — ни вполне твердомъ, ни вполне жидкомъ. Нельзя избѣгать также нагреванія продукта съ цѣлью быстраго удаленія воды. По этимъ двумъ причинамъ является

почти невозможнымъ опредѣлить истинную начальную активность продукта, переводимаго изъ раствора въ твердое состояніе. Въ только что описанныхъ опытахъ равныя количества лучедѣйственныхъ веществъ были растворяемы въ одномъ и томъ же количествѣ воды, а затѣмъ растворы выпаривались до суха въ условіяхъ насколько возможно тождественныхъ, при нагреваніи не свыше какъ до 120° — 130° .

Я изслѣдовала законъ, по которому возрастаетъ активность твердой соли, содержащей радій, начиная съ момента окончанія ея просушки и до поры, когда она пріобрѣтаетъ предѣльную активность. Въ слѣдующихъ таблицахъ я указываю напряженность излученія I въ функціи времени, полагая предѣльную напряженность равной 100 и начиная счетъ времени съ момента просушки препарата. Таблица I (черт. 13, кривая I) относится къ полному излученію. Таблица II (черт. 13, кривая II) относится только къ проникающимъ лучамъ (проходящимъ сквозь 3 см. воздуха и $\frac{1}{100}$ мм. алюминія).

Таблица I.

Время	I
0	21
1 день	25
3 дня	44
5 дней	60
10 „	78
19 „	93
33 дня	100
67 дней	100

Таблица II.

Время	I
0	1.3
1 день	19
3 дня	43
6 дней	60
15 „	70
23 дня	86
46 дней	94

У меня имѣется нѣсколько другихъ серій измѣреній того же рода, но онѣ не вполне согласуются между собой, хотя общій характеръ получаемыхъ кривыхъ одинаковъ. Правильные результаты получаются съ трудомъ. Можно однакожь замѣтить, что восстановление активности требуетъ болѣе мѣсяца времени, и что наиболѣе проникающіе лучи испытываютъ вліяніе растворенія сильнѣе другихъ. Начальная напряженность излученія, проходящаго сквозь 3 см. воздуха и $\frac{1}{100}$ мм. алюминія, составляетъ лишь съ небольшимъ 1% предѣльной напряженности, тогда какъ начальная напряженность полного излученія составляетъ 21% полного предѣльнаго излученія.

Радіева соль, бывшая въ растворѣ и только что просушенная, обладаетъ такой же способностью возбуждать наведенную активность (а слѣдовательно испускаетъ столько же эманации), какъ и образчикъ той же соли, который послѣ своего приготовленія въ твердомъ видѣ оставался въ этомъ состояніи достаточно времени для того, чтобы достигнуть предѣльной радиоактивности. Тѣмъ не менѣе лучедѣятельность этихъ двухъ продуктовъ является чрезвычайно различной: первый бываетъ примѣрно въ 5 разъ менѣе активенъ чѣмъ второй.

Измѣненія активности радіевыхъ солей вслѣдствіе нагрѣванія.—При нагрѣвѣ радіевы соединенія выдѣляютъ эманацию и утрачиваютъ активность. Потеря активности бываетъ тѣмъ болѣе, чѣмъ сильнѣе и въ то же время продолжительнѣе было нагрѣваніе. Такъ, нагрѣвая соль, содержащую радій, въ теченіе 1 часа при 130° , мы лишаемъ ее 10% полного излученія; напротивъ, десятиминутное нагрѣваніе до 400° не производитъ замѣтнаго дѣйствія. Накаливаніе до красна, продолжающееся нѣсколько часовъ, разрушаетъ 77% полного излученія.

Потеря активности вслѣдствіе нагрѣванія бываетъ болѣе значительна для проникающихъ лучей, чѣмъ для лучей поглощаемыхъ. Такъ, нагрѣваніе въ теченіе нѣсколькихъ часовъ разрушаетъ приблизительно 77% полного излученія, и оно же устраняетъ почти сполна (на 99%) излученіе, способное проникать сквозь 3 см. воздуха и $\frac{1}{100}$ мм. алюминія. Поддерживая хлористый барій-радій въ теченіе нѣсколькихъ часовъ въ расплавленномъ видѣ (при 800°), мы разрушаемъ 98% излученія, способнаго проникать сквозь 0.3 мм. алюминія. Можно сказать, что послѣ сильнаго и продолжительнаго нагрѣва проникающихъ лучей уже не бываетъ.

Послѣ того какъ соль, содержащая радій, потеряла вслѣдствіе нагрѣванія часть своей активности, это пониженіе активности не сохраняется; активность соли самопроизвольно восстанавливается при обыкновенной температурѣ, стремясь къ извѣстной предѣльной величинѣ. Я наблюдала очень любопытный фактъ: этотъ предѣлъ бываетъ выше, чѣмъ была предѣльная активность соли до ея нагрѣва—по крайней мѣрѣ въ случаѣ хлорида. Вотъ нѣсколько примѣровъ:

образчикъ хлористаго барія-радія, который послѣ своего изготовленія въ твердомъ видѣ давно уже достигъ предѣльной активности, имѣеть полное излученіе, равное 470, и излученіе, проникающее сквозь $\frac{1}{100}$ мм. алюминія, равное 157. Этотъ образчикъ подвергается накаливанію до красна въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. Спустя два мѣсяца послѣ нагрѣва онъ приобретаетъ предѣльную активность, причемъ полное излученіе равно 690, а излученіе, проникающее сквозь $\frac{1}{100}$ мм. алюминія, равно 227. Такимъ образомъ полное излученіе и излученіе, проходящее сквозь алюминій, соотвѣтственно увеличились въ отношеніи $\frac{690}{470}$ и $\frac{227}{157}$. Эти два отношенія приблизительно равны между собой и близки къ 1.45.

Образчикъ хлористаго барія-радія, который послѣ изготовленія въ твердомъ видѣ достигъ предѣльной активности, равной 62, находился нѣсколько часовъ въ расплавленномъ состояніи; затѣмъ расплавленный продуктъ былъ пульверизованъ. Этотъ продуктъ возстановилъ новую предѣльную активность, равную 140, то есть слишкомъ вдвое превышающую ту, которая была достигнута имъ въ твердомъ состояніи безъ замѣтнаго нагрѣва послѣ просушки.

Я изучала законъ возрастанія активности соединеній, содержащихъ радій, послѣ ихъ нагрѣванія. Вотъ для примѣра результаты двухъ серій измѣреній. Числа таблицъ I и II указываютъ напряженность излученія I въ функціи времени, причемъ предѣльная напряженность полагается равной 100, и счетъ времени ведется съ окончанія нагрѣва. Таблица I (черт. 14, кривая I) относится къ полному излученію одного образчика хлористаго барія-радія. Таблица II (черт. 14, кривая II) относится къ проникающимъ излученіямъ одного образчика сѣрноокислаго барія-радія (здѣсь измѣрялась напряженность излученія, проходящаго сквозь 3 см. воздуха и $\frac{1}{100}$ мм. алюминія). Оба продукта подвергались семичасовому нагрѣву до вишнево-краснаго каленія.

Таблица I.

Время	I
0	16.2
0.6 дня	25.4
1 день	27.4
2 дня	38
3 "	46.3
4 "	54
6 дней	67.5
10 "	84
24 дня	95
57 дней	100

Таблица II.

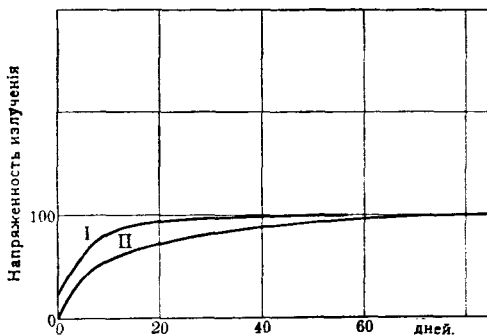
Время	I
0	0.8
0.7 дня	13
1 день	18
1.9 дня	26.4
6 дней	46.2
10 "	55.5
14 "	64
18 "	71.8
27 "	81
36 "	91
50 "	95.5
57 "	99
84 дня	100

Я выполнила еще нѣсколько серій измѣреній, но результаты ихъ не всегда согласуются между собой, подобно тому какъ и въ случаѣ восстановления активности послѣ растворенія.

Дѣйствіе нагрѣва не сохраняется, когда мы растворяемъ подвергавшуюся нагрѣванію радіеву соль. Изъ двухъ образчиковъ одного и того же содержащаго радій вещества, имѣвшаго активность 1800, одинъ былъ сильно нагрѣтъ, послѣ чего активность его понизилась до 670. Когда затѣмъ оба образчика были растворены и оставались въ растворѣ 20 часовъ, начальная активность въ твердомъ состояніи у не подвергавшагося нагрѣву оказалась 460, у подвергавшагося нагрѣванію—420; такимъ образомъ между активностями обоихъ препаратовъ не было значительнаго различія. Но если оба продукта не достаточно долго остаются въ растворѣ,—если ихъ на примѣръ просушиваютъ непосредственно послѣ растворенія, то не нагрѣвавшийся продуктъ бываетъ много активнѣе нагрѣвавшагося; необходимо извѣстное время для того, чтобы растворенное состояніе успѣло сгладить дѣйствіе нагрѣва. Продуктъ, имѣвшій активность 3200, былъ нагрѣтъ и послѣ нагрѣванія имѣлъ активность лишь 1030. Онъ былъ растворенъ одновременно съ не нагрѣвавшейся порціей того же продукта, и непосредственно послѣ этого обѣ порціи были просушены. Начальная активность была: для не нагрѣвавшагося продукта 1450, для нагрѣвавшагося—760.

Для твердыхъ солей, содержащихъ радій, способность вызывать наведенную радиоактивность сильно зависитъ отъ нагрѣванія. Во время нагрѣва соединенія, содержаща радій, выдѣляютъ больше эманации, чѣмъ при обыкновенной температурѣ; но если ихъ затѣмъ довести до обыкновенной температуры, то не только ихъ радиоактивность бываетъ значительно ниже той, которая была до нагрѣва, но и активизирующая способность ихъ обнаруживаетъ значительную убыль. Въ теченіе времени, слѣдующаго за нагрѣваніемъ, радиоактивность продукта возрастаетъ и можетъ даже превзойти начальную величину. Активизирующая способность отчасти также восстанавливается; однако послѣ нагрѣва до краснаго каленія активизирующая способность оказывается устраненной почти сполна и уже не

Чер. 14.



оказывающаяся устраненной почти сполна и уже не

возвращается самопроизвольно съ теченіемъ времени. Можно вернуть радіевой соли ея первоначальную активирующую способность, растворяя ее въ водѣ и просушивая въ сушильномъ шкафу при температурѣ въ 120° . Такимъ образомъ кажется, что обжиганіе приводитъ соль въ особенное физическое состояніе, въ которомъ эманация выдѣляется съ гораздо большимъ трудомъ, чѣмъ это бываетъ для того же твердаго продукта, не подвергавшагося нагрѣванію до высокой температуры; отсюда прямо вытекаетъ, что соль должна получить болѣе высокую предѣльную радиоактивность, чѣмъ бывшая до нагрѣванія. Чтобы вернуть соль въ физическое состояніе, въ которомъ она была до нагрѣванія, достаточно ее растворить и просушить, нагрѣвая не выше 150° .

Вотъ нѣсколько относящихся сюда числовыхъ примѣровъ.

Я обозначаю буквой *a* предѣльную наведенную активность, возбужденную въ закрытомъ сосудѣ у мѣдной пластинки при помощи образчика углекислаго барія-радія съ активностью, равной 1600.

Пусть для продукта, не подвергавшагося нагрѣванію, $a = 100$; въ такомъ случаѣ оказывается:

Спустя 1 день послѣ нагрѣва	$a = 3.3$
” 4 дня ” ”	$a = 7.1$
” 10 дней ” ”	$a = 15$
” 20 ” ” ”	$a = 15$
” 37 ” ” ”	$a = 15$

Радиоактивность продукта вслѣдствіе нагрѣванія уменьшилась на 90%, но черезъ мѣсяцъ она уже вернулась къ первоначальной величинѣ.

Вотъ опытъ того же рода, выполненный съ хлористымъ баріемъ-радіемъ, имѣвшимъ активность, равную 3000. Активирующая способность опредѣляется какъ въ предыдущемъ опытѣ. Если активирующая способность не нагрѣвавашагося продукта равна 100, то послѣ трехчасового накаливанія до красна она оказывается такою:

Черезъ 2 дня послѣ нагрѣва	2.3
” 5 дней ” ”	7.0
” 11 ” ” ”	8.2
” 18 ” ” ”	8.2
Активирующая способность не нагрѣвавашагося продукта, который былъ растворенъ и затѣмъ просушенъ при 150°	92
Активирующая способность продукта, подвергшагося нагрѣву, раствореннаго и высушеннаго при 150°	105

Теоретическое истолкованіе причинъ измѣненія активности радіевыхъ солей послѣ растворенія и послѣ нагрѣва.—Изложенные факты частью

могутъ быть объяснены теоріей, согласно которой радій производитъ энергію въ формѣ эманациі, а эта послѣдняя затѣмъ превращается въ энергію излученія. Когда соль радія растворяется, то производимая имъ эманациа разсѣвается наружу раствора и возбуждаетъ радиоактивность внѣ выдѣляющаго ее источника; при выпариваніи раствора получаемая твердая соль имѣетъ слабую активность, такъ какъ она содержитъ лишь немного эманациі. Мало-по-малу эманациа накопляется въ соли, и активность послѣдней растетъ до предѣльной величины, которая достигается, когда образованіе эманациі радіемъ уравновѣситъ ея расходъ, заключающійся во внѣшнемъ выдѣленіи и въ превращеніи на мѣстѣ въ лучи Бекереля.

Когда мы нагреваемъ радіеву соль, то выдѣленіе эманациі наружу сильно увеличивается, и явленія наведенной радиоактивности бывають гораздо интенсивнѣе, чѣмъ если соль находится при обыкновенной температурѣ. Но когда соль возвращается къ обыкновенной температурѣ, она уже истощена, подобно тому какъ въ случаѣ, когда она находилась въ растворѣ; она содержитъ лишь немного эманациі, активность ея очень слаба. Мало-по-малу эманациа снова накопляется въ твердой соли и излученіе возрастаетъ.

Можно принять, что радій постоянно отдѣляетъ эманацию, часть которой разсѣвается наружу, а остающаяся часть въ самомъ радіи превращается въ Бекерелевы лучи. Когда радій накаленъ до красна, онъ теряетъ значительную часть своей активирующей способности; другими словами, отдѣленіе эманациі наружу уменьшается. Поэтому количество эманациі, потребляемое въ самомъ радіи, должно быть болѣе значительно, и продуктъ получаетъ болѣе высокую предѣльную радиоактивность.

Можно попытаться вывести теоретически законъ возрастанія активности твердой радіевой соли, которая была растворена или подверглась нагреванію. Допустимъ, что напряженность радіевыхъ излученій въ каждый моментъ пропорціональна находящемуся въ радіи количеству эманациі q . Мы знаемъ, что эманациа самопроизвольно разрушается по такому закону, что въ каждый моментъ имѣетъ мѣсто соотношеніе

$$1) \quad q = q_0 e^{-\frac{t}{\vartheta}}$$

причемъ q_0 означаетъ количество эманациі въ начальный моментъ, а ϑ —временная постоянная, равная 4.97×10^5 сек.

Пусть, съ другой стороны, Δ будетъ количество эманациі, вырабатываемое радіемъ, которое я буду считать постояннымъ. Посмотримъ, что произошло бы, если бы эманациа не уходила въ окружающее

пространство. Образовавшаяся эманация тогда сполна потреблялась бы в радий, производя излучение. Но по формулѣ 1) имѣемъ

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{q_0}{\theta} e^{-\frac{t}{\theta}} = -\frac{q}{\theta},$$

и слѣдовательно радій въ состояннн равновѣсія содержалъ бы нѣкоторое количество эманации Q — такое, что

$$2) \quad \Delta = \frac{Q}{\theta},$$

и радиево излученіе было бы тогда пропорціонально Q .

Пусть радій находится въ такихъ условіяхъ, что онъ теряетъ эманацию, выдѣляя ее наружу: это можно осуществить раствореніемъ или нагрѣвомъ содержащаго радій соединенія. Равновѣсіе нарушится, активность радія будетъ убывать. Но какъ скоро будетъ устранена причина потери эманаций (тѣло возвращается въ твердое состояннн или перестаетъ подвергаться нагрѣву), эманация снова скопляется въ радий, и мы имѣемъ періодъ, въ теченіе котораго скорость ея образованія Δ превышаетъ скорость ея разрушенія q/θ . Тогда будетъ:

$$\frac{dq}{dt} = \Delta - \frac{q}{\theta} = \frac{Q - q}{\theta},$$

откуда

$$\frac{d}{dt} (Q - q) = -\frac{Q - q}{\theta},$$

$$3) \quad Q - q = (Q - q_0) e^{-\frac{t}{\theta}}$$

причемъ q_0 означаетъ количество эманации, присутствующее въ радий въ моментъ $t = 0$.

По формулѣ 3) разница между количествомъ эманации Q , которое радій содержитъ въ состояннн равновѣсія, и количествомъ q , которое онъ содержитъ въ каждый данный моментъ, убываетъ съ временемъ согласно закону, изображаемому съ помощью показательной функціи и не отличающемуся отъ закона самопроизвольнаго исчезновенія эманации. А такъ какъ радиево излученіе пропорціонально количеству эманации, то разность между предѣльной и данной напряженностью излученія должна убывать по тому же закону; такимъ образомъ она должна уменьшаться вдвое въ теченіе приблизительно 4 дней.

Предыдущая теорія не полна, такъ какъ мы не принимали въ расчетъ потери эманации черезъ разсѣяннн наружу. Впрочемъ и не извѣстно, какова зависимость этой потери отъ времени. Сличая опытные данныя съ результатами указанной неполной теоріи, мы не на-

ходимъ удовлетворительнаго согласія, но въ то же время убѣждаемъ, что она содержитъ долю истины. Законъ, по которому разность между предѣльной и моментальной активностью убываетъ въ 4 дня на половину, представляетъ съ извѣстнымъ приближеніемъ ходъ возстановленія активности послѣ нагрѣва въ теченіе полуторанедѣльнаго промежутка. Въ случаѣ возстановленія активности послѣ растворенія тотъ же самый законъ представляется годнымъ для промежутка времени, начинающагося черезъ 2—3 дня послѣ просушки продукта и продолжающагося отъ 10 до 15 дней. Впрочемъ эти явленія сложны, и указанная теорія не объясняетъ, почему проникающіе лучи устраниются въ большей мѣрѣ, чѣмъ поглощаемые.

Природа и происхожденіе явленій радіоактивности.

Съ самаго начала изслѣдованій надъ радіоактивными веществами,—еще когда ихъ свойства были мало извѣстны,—самопроизвольность ихъ излученія представлялась для физиковъ интереснѣйшей задачей. Нынѣ мы уже достигли извѣстныхъ успѣховъ въ отношеніи познанія радіоактивныхъ тѣлъ; мы умѣемъ извлекать чрезвычайно сильное лучедѣйтельное тѣло—радій. Благодаря замѣчательнымъ свойствамъ радія явилась возможность глубже изучить лучи, испускаемые лучедѣйтельными тѣлами; различныя доселѣ изученныя группы лучей представляютъ сходство съ типами лучей, являющихся въ Круксовыхъ трубкахъ, именно, съ катодными, Рѣнтгеновыми и трубчатыми (закадодными) лучами. Тѣ же группы лучей обнаруживаются въ вторичныхъ излученіяхъ, порождаемыхъ лучами Рѣнтгена ⁷²⁾, и въ излученіяхъ тѣлъ, пріобрѣтшихъ наведенную радіоактивность.

Но если природа излученій въ настоящее время лучше извѣстна, то причина самопроизвольной радіоактивности остается тайной; это явленіе стоитъ предъ нами какъ загадка и предметъ глубокаго удивленія.

Тѣла, обладающія самопроизвольной радіоактивностью, и прежде всего—радій, представляютъ собой источники энергіи. Производимая ими энергія наблюдается нами въ видѣ Бекерелевыхъ лучей, химическихъ и свѣтовыхъ эффектовъ и непрерывнаго выдѣленія тепла.

Часто поднимался вопросъ, создаютъ ли эту энергію радіоактивные тѣла сами или же только берутъ ее у внѣшнихъ источниковъ. Ни одно изъ многочисленныхъ слѣдствій, вытекающихъ изъ того и другого предположенія, не было еще подтверждено на опытѣ.

Можно предположить, что лучедѣйтельная энергія была запасена раньше и расходуется мало-по-малу, подобно тому какъ это бываетъ въ случаѣ фосфоресценціи съ большою длительностью. Можно допу-

стить, что выдѣленіе радиоактивной энергіи соотвѣтствуетъ нѣкоторому преобразованію самой природы атома излучающаго тѣла, которое какъ бы проходитъ извѣстную эволюцію; то обстоятельство, что радій непрерывно выдѣляетъ тепло, говоритъ въ пользу этой гипотезы. Можно предположить, что преобразование сопровождается потерей въ вѣсѣ и испусканіемъ матеріальныхъ частицъ, образующихъ излученіе. Можно искать источникъ радиоактивной энергіи въ энергіи тяготѣнія. Наконецъ, можно принимать, что пространство постоянно пронизывается нѣкоторыми неизвѣстными еще радіаціями, которыя при встрѣчѣ съ радиоактивными тѣлами задерживаются и преобразуются въ радиоактивную энергію.

Есть много доводовъ за и противъ этихъ предположеній; попытки экспериментальнаго подтвержденія слѣдствій этихъ гипотезъ чаще всего давали отрицательные результаты. Радиоактивная энергія урана и радія до сихъ поръ кажется неистощимой и даже не обнаруживаетъ замѣтнаго измѣненія со временемъ *. Демарсе спектроскопически изслѣдовалъ образчикъ чистаго хлористаго радія въ теченіе 5 мѣсяцевъ и за это время не замѣтилъ ни малѣйшаго измѣненія въ спектрѣ. Главная баріева линия, присутствовавшая въ спектрѣ и указывавшая на наличность слѣдовъ барія, не усилилась въ теченіе этого промежутка времени; слѣдовательно, радій не обнаружилъ замѣтнаго превращенія въ барій.

Измѣненія въ вѣсѣ, указанные для соединеній радія г. Гейдвейлеромъ ¹¹⁷⁾, еще не могутъ быть разсматриваемы въ качествѣ достовѣрнаго факта.

Гг. Елстеръ и Гейтель ¹¹⁸⁾ нашли, что лучедѣятельность урана не измѣняется на днѣ шахты глубиной въ 850 метровъ; слѣдовательно, такая толща земной коры не измѣняла бы гипотетическаго первичнаго излученія, если бы оно было причиной радиоактивности урана.

* 6 іюня проф. Рамсай слѣлалъ въ Парижской Академіи Наукъ сообщеніе, содержащее изложеніе новыхъ весьма важныхъ открытій. Оказывается, что радіева эманация обнаруживаетъ упругость—даже при температурѣ жидкаго воздуха (ср. стр. 81); такимъ образомъ мнѣніе, согласно которому она принадлежитъ къ тѣламъ газообразнымъ, получаетъ подтвержденіе. Плотность эманации въ 80 разъ болѣе плотности водорода; атомный вѣсъ ея—160. Такъ какъ вѣсъ атома радія по Кюри есть 225, то слѣд. одинъ атомъ радія можетъ произвести не болѣе одного атома эманации. Далѣе Рамсай приводитъ расчетъ, показывающій, во сколько времени происходитъ полное распаденіе постепенно эволюціонирующаго радія, соотвѣтствующее полной потерѣ активности: оказывается, что долговѣчность радія = приблизительно 1150 годамъ. Изъ того, что жизнь радія лишь немного превышаетъ тысячелѣтіе, вытекаетъ, что радій непрерывно образуется на нашей планетѣ. Простѣйшая гипотеза была бы та, что радій есть продуктъ медленнаго распаденія урана, торія или актинія.

Мы измѣряли радиоактивность урана въ полдень и въ полночь, думая, что если гипотетическое первичное излученіе имѣетъ свой источникъ въ солнцѣ, то оно могло бы отчасти поглощаться, проникая сквозь земной шаръ. Результаты обоихъ измѣреній были совершенно одинаковы.

Новѣйшія изслѣдованія благоприятствуютъ гипотезѣ атомныхъ превращеній радія. Эта гипотеза была высказана въ самомъ началѣ изслѣдованій надъ радиоактивностью ¹¹⁹⁾; она была принята г. Резерфордомъ, который допустилъ, что эманация радія представляетъ матеріальный газъ, являющійся однимъ изъ продуктовъ разложенія атома радія ¹²⁰⁾. Последніе опыты гг. Рамса и Соли стремятся доказать, что эманация есть нестойкій газъ, который, разрушаясь, производитъ гелій. Съ другой стороны, непрерывное выдѣленіе радіемъ тепла не можетъ быть объяснено химической реакціей, но могло бы имѣть своей причиной нѣкоторыя превращенія въ атомѣ.

Вспомнимъ наконецъ, что новыя радиоактивныя вещества всегда находятся въ урановыхъ минералахъ; мы тщетно искали радія въ продажномъ баріи (см. стр. 31). Такимъ образомъ присутствіе радія представляется связаннымъ съ присутствіемъ урана. Далѣе, урановые минералы содержатъ аргонъ и гелій, и это совпаденіе вѣроятно не случайно. Одновременное присутствіе этихъ различныхъ тѣлъ въ однихъ и тѣхъ же минералахъ заставляетъ думать, что присутствіе однихъ быть можетъ является необходимымъ условіемъ образованія другихъ.

Необходимо во всякомъ случаѣ замѣтить, что факты, говоряшіе въ пользу идеи атомнаго превращенія радія, могутъ получить и другое истолкованіе. Вмѣсто того, чтобы допускать преобразование радіева атома, можно было бы допустить, что самъ по себѣ этотъ атомъ устойчивъ, но что онъ дѣйствуетъ на окружающую среду (сосѣдніе матеріальные атомы или міровой эфиръ), возбуждая въ ней атомныя превращенія. Эта гипотеза также приводитъ къ допущенію возможности эволюціи элементовъ, но самъ радій уже тогда не былъ бы элементомъ, идущимъ къ разрушенію.

П р и м ѣ ч а н і я .

- 1) Revue générale des Sciences, 30 janv. 1896. 2) Compt. rend. 122, 312 (1896).
 3) Ibid. 122, 386 (1896). 4) Ibid. 122, 564 (1896). 5) Ibid. 1896 (нѣсколько работъ).
 6) Compt. rend. 1896 (нѣсколько сообщений). 7) Compt. rend. 128, 771 (1899). 8) Weibl. 21, 455. 9) Revue générale des Sciences, janv. 1899. 10) Wied. Ann. 65, 141. 11) Compt. rend. 126, avril 1898. 12) Супруги Кюри, Compt. rend. 126, juillet 1898. 13) Phil. Mag., Jan. 1899. 14) Compt. rend. 1897, 1898, 1899 (нѣсколько сообщений). 15) Бекерель, Compt. rend. 124, 800 (1897); Кельвинъ, Битти и Смолуховскій, Nature 64, 1897; Битти и Смолуховскій, Phil. Mag. 43, 418. 16) Phil. Mag., Jan. 1899. 17) Тоунсендъ, Phil. Mag. (6), 1, 198 (1901). 18) Compt. rend., avril 1898. 19) Phil. Mag., Oct. 1899. 20) Ibid. Jan. 1900. 21) Compt. rend. 122, 1086 (1896). 22) Елстеръ и Гейтель, Wied. Ann. 1890. 23) Soc. franç. de phys., 6 fevr. 1903. 24) Ann. de chim. et de phys. (3) 61, 445. 25) Супруги Кюри, Compt. rend. juil. 1898. Супруги Кюри и Бемонъ, Ibid., déc. 1898. 26) Ver. d. deutsch. chem. Ges. 34, 3775 (1901). 27) Ibid. 33, 3126 (1900). 28) Compt. rend., déc. 1898, nov. 1899, juil. 1900. 29) Phys. Zeitschr., 15 sept. 1902. 30) Ср. Гизель, Ver. d. d. chem. Ges., 36, 2368 (1903). 31) Ibid. Juni, Dec. 1902. 32) Г-жа Кюри, Compt. rend., 13 nov. 1899, août 1900, 21 juil. 1902. 33) Soc. franç. de phys., 3 avril 1903. 34) Wied. Ann. 69, 834 (1899). 35) Phys. Zeitschr. 1, 90 (1899); Wien. Anz., 3 u. 9 Nov. 1899. 36) Compt. rend. 129, 996 (1899). 37) Ibid. 130, 73 (1900). 38) Compt. rend. 136, 5 janv. 1900. 39) Ibid. 130, 206, 372, 810 (1900). 40) Compt. rend. 121, 1130 (1895). Ann. de chim. et de phys. (7) 11, 496 (1897). 41) Ленардъ, Wied. Ann. 64, 279 (1898). 42) Супруги Кюри, Compt. rend. 130, 647 (1900). 43) В. Винъ, Phys. Zeitschr. 4, 624 (1903). 44) Ср. Дорнь, Phys. Zeitschr. 4, 507 (1903). 45) Abhandl. d. Naturf.-Ges. Halle 22, 44 (1900). 46) Compt. rend. 130, 819 (1900). 47) Gött. Nachr. 1901, Heft 2; 1902, Heft 5; 1903, Heft 3. Phys. Zeitschr. 4, 54 (1902). 48) Phil. Mag. (5) 46, 528 (1898). 49) Phil. Trans. (A) 195, 259 (1901). 50) Gött. Nachr. 1902, Heft 1. 51) По Gött. Nachr. 1903, Heft 3, Tab. III. 52) Wied. Ann. 69, 589 (1899). 53) Phys. Zeitschr. 4, 235 (1903). 54) Compt. rend. 136, 199 и 431 (1903). 55) Ср. де Кудръ, Phys. Zeitschr. 4, 483 (1903). 56) Compt. rend. 130, 1010 (1900). 57) де Кудръ, Phys. Zeitschr. 4, 140 (1902). 58) Г-жа Кюри, Compt. rend. 126, avril 1898. 59) Phil. Mag. (5) 47, 109 (1899). 60) Ibid. (5) 48, 360 (1899). 61) Rapports Congrès de Phys., Paris 1900. 62) Phys. Zeitschr. 1, 209 (1900). 63) Compt. rend. 130, 979 и 1154 (1900). 64) Супруги Кюри, Rapports Congrès de Phys. (1900). 65) Phil. Mag. (6) 4, 1 (1902). 66) Г-жа Кюри, Compt. rend. 130, 76 (1900). 67) Phys. Zeitschr. 1, 209 (1900). 68) Chem. News, 3 April 1903. 69) Зилентофъ и Зигмонди, Ann. d. Phys. (4) 10, 1 (1903). 70) Варбургъ, Berl. Ber. 14, 267 (1902). 71) де Кудръ, Phys. Zeitschr. 4, 140 (1902). 72) Саньякъ, Дисертация; Кюри и Саньякъ, Compt. rend., avril 1900; Дорнь, Archives néerl. Lorentzband, 595 (1900). 73) Бекерель, Rapports au congrès de Phys., Paris 1900. 74) Compt. rend. 134, 420 (1902). 75) Лордъ Кельвинъ, Битти и Смолуховскій, Nature 55, 447 (1897); Weiblätter 21, 549 (1897). 76) Перень, Дисертация; Compt. rend. 124,

496 (1897). ⁷⁷⁾ Паульсенъ, *Rapports*, Paris 1900; Витковский, *Bull. de l'Acad. d. Sc. d. Stacovie*, janv. 1902. ⁷⁸⁾ *Compt. rend.* 130, 776 (1900). ⁷⁹⁾ Кюри, *Soc. franç. de phys.*, 3 mars 1899; Гизель, *Wied. Ann.* 69, 91 (1899). ⁸⁰⁾ Гизель, *Wied. Ann.* 69, 91 (1899). ⁸¹⁾ *Compt. rend.* 136, 673 (1903). ⁸²⁾ Супруги Кюри, *Compt. rend.*, 129, 823 (1899). ⁸³⁾ *Verh. d. deutsch. phys. Ges.*, Jan. 1900. ⁸⁴⁾ Гизель, *Chem. Ber.* 36, 347 (1903). ⁸⁵⁾ Рамсай и Соди, *Phys. Zeitschr.*, 15 Sept. 1903. ⁸⁶⁾ Бекерель, *Rapports au Congrès de Physique*, 1900. ⁸⁷⁾ *Phot. Rundschau*, Oktober 1900. ⁸⁸⁾ *Chem. Ber.*, 33 (1900). ⁸⁹⁾ *Compt. rend.* 132, 1289 (1901). ⁹⁰⁾ *Verh. d. Ges. deutsch. Naturf. u. Ärzte, München* 1899. ⁹¹⁾ *Ann. d. Phys.*, (4) 4, 537 (1901). ⁹²⁾ Ашкинась и Каспари, *Ann. d. Physik* (4) 6, 570 (1901). ⁹³⁾ *Compt. rend.* 136, 16 février 1903. ⁹⁴⁾ *Soc. franç. de Phys.*, 2 mars 1900. ⁹⁵⁾ Супруги Кюри, *Compt. rend.*, 6 novembre 1899. ⁹⁶⁾ *Phil. Mag.*, Jan. and Febr. 1900. ⁹⁷⁾ *Abh. Naturf. Ges. Halle*, Juni 1900. ⁹⁸⁾ *Compt. rend.*, 30 juillet 1900; 16 février 1903. ⁹⁹⁾ *Ibid.*, 4 mars 1901. ¹⁰⁰⁾ *Rapports au Congrès de Physique*, 1900. ¹⁰¹⁾ П. Кюри и Данъ, *Compt. rend.*, 136, 364 (1903). ¹⁰²⁾ Дебьернъ, *Ibid.*, 136, 671 (1903). ¹⁰³⁾ Рёзерфордъ, *Phil. Mag.*, February 1900. ¹⁰⁴⁾ *Phys. Zeitschr.*, 15 Sept. 1902. ¹⁰⁵⁾ П. Кюри и Ж. Данъ, *Compt. rend.*, 2 juin 1903. ¹⁰⁶⁾ Рёзерфордъ и Соди, *Phil. Mag.*, May 1903. ¹⁰⁷⁾ *Physik. Zeitschr.*, 15 Sept. 1903. ¹⁰⁸⁾ *Phil. Mag.*, (6) 5, 580 (1902); (6) 5, 457 (1903). ¹⁰⁹⁾ *Compt. rend.* 133, 276 (1901). ¹¹⁰⁾ П. Кюри, *Compt. rend.* 136, 223 (1903). ¹¹¹⁾ *Verh. d. deutsch. Phys. Ges.* 2, 9, (1900). ¹¹²⁾ *Compt. rend.* 131, 333 (1900). ¹¹³⁾ Рёзерфордъ и Соди, *Zeitschr. f. phys. Chem.*, 42, 81 (1902). ¹¹⁴⁾ *Société de Physique*, juillet 1900. ¹¹⁵⁾ *Phil. Mag.* (6) 3, 195 (1902). ¹¹⁶⁾ *Wied. Ann.* 69, 91 (1899). ¹¹⁷⁾ *Phys. Zeitschr.* 4, 81 (1902). ¹¹⁸⁾ *Wied. Ann.* 66, 735 (1898). ¹¹⁹⁾ Г-жа Кюри, *Revue générale des Sciences*, 30 janvier 1899. ¹²⁰⁾ *Phil. Mag.*, May 1903.

СОДЕРЖАНИЕ.

	<i>Стр.</i>
Предисловіе къ русскому переводу	III
Введеніе	I
Историческія замѣчанія	3

I. Радиоактивность урана и торія. Радиоактивные минералы.

Лучи Бекереля	4
Измѣреніе напряженности излученія	5
Радиоактивность соединеній урана и торія	9
Представляет ли атомная радиоактивность общее явленіе?	11
Радиоактивные минералы	13

II. Новыя радиоактивныя вещества.

Приемы изслѣдованія	15
Полоній, радій, актиній	15
Спектръ радія	17
Извлеченіе новыхъ радиоактивныхъ веществъ	19
Полоній	21
Приготовленіе чистаго хлористаго радія	23
Опредѣленіе атомнаго вѣса радія	27
Свойства радіевыхъ солей	30
Фракціонированіе обыкновеннаго хлористаго барія	31

III. Излученія новыхъ радиоактивныхъ веществъ.

Приемы изслѣдованія радіацій	32
Энергія излученія	33
Сложная природа излученій	34
Дѣйствіе магнитнаго поля	35
Отклоняемые лучи β	38
Зарядъ отклоняемыхъ лучей	38
Дѣйствіе электрическаго поля на отклоняемые радіевы лучи β	42
Отношеніе заряда испускаемой радіемъ отрицательно заряженной частицы къ ея массѣ	43
Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи α	45
Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи другихъ радиоактивныхъ веществъ	46

Содержаніе отклоняемыхъ лучей β въ радіевыхъ излученіяхъ	
Проницающая способность лучей радиоактивныхъ веществъ	
Ионизирующее дѣйствіе лучей радія на жидкіе непроводники	
Различныя дѣйствія радіацій; примѣненія ионизирующаго дѣйствія лучей	
Флуороскопическія и свѣтотыя дѣйствія	
Выдѣленіе теплоты солями радія	
Химическія дѣйствія новыхъ радиоактивныхъ веществъ. Красящее дѣйствіе	
Выдѣленіе газовъ въ присутствіи солей радія	
Возбужденіе термолуминесценціи	
Радиографія	
Физиологическія дѣйствія	
Вліяніе температуры на излученіе	

IV. Наведенная (привитая) радиоактивность.

Сообщеніе радиоактивности веществамъ, первоначально не активнымъ	
Активированіе въ замкнутой оболочкѣ	
Значеніе газовъ въ явленіяхъ наведенной радиоактивности. Эманация	
Потеря активности активированными твердыми тѣлами, находящимися въ воздухѣ	
Потеря активности въ закрытомъ сосудѣ. Скорость разрушенія эманации	
Природа эманаций	
Измѣненіе активности активированныхъ жидкостей и содержащихъ растворы	
Теорія радиоактивности	
Другая форма привитой радиоактивности	
Медленно развивающаяся наведенная радиоактивность	
Наведенная радиоактивность тѣлъ, растворенныхъ вмѣстѣ съ радіемъ	
Разсѣяніе радиоактивной пыли и наведенная радиоактивность лабораторіи	
Активированіе безъ содѣйствія радиоактивныхъ веществъ	
Измѣненія активности радиоактивныхъ тѣлъ. Вліяніе растворенія	
Измѣненія активности радіевыхъ солей вслѣдствіе нагрѣванія	
Теоретическое истолкованіе причинъ измѣненія активности радіевыхъ солей послѣ растворенія и послѣ нагрѣва	
<i>Природа и происхожденіе явленій радиоактивности</i>	
<i>Примѣчанія</i>	