

Складовская-Кюри, Мария

**Радий и  
радиоактивные  
вещества**

Перевод с французского

С.-Петербург, 1904

# ОГЛАВЛЕНИЕ

	СТР.
Введение . . . . .	5
Историческій очеркъ . . . . .	6
<b>I. Радиоактивность урана и торія. Радиоактивные минералы</b>	
Лучи Беккереля . . . . .	9
Измѣрѣніе интенсивности излученій . . . . .	11
Радиоактивность соединеній урана и торія . . . . .	16
Представляетъ ли собою атомная радиоактивность явленіе общаго характера . . . . .	18
Радиоактивные минералы . . . . .	20
<b>II. Новыя радиоактивныя вещества</b>	
Методъ изслѣдованій . . . . .	22
Полоній, радій и актиній . . . . .	—
Спектръ радія . . . . .	24
Полученіе новыхъ радиоактивныхъ веществъ . . . . .	26
Полоній . . . . .	28
Полученіе чистаго хлористаго радія . . . . .	31
Опредѣленіе атомнаго вѣса радія . . . . .	35
Свойства солей радія . . . . .	39
Фракціонированіе обыкновеннаго хлористаго барія . . . . .	40
<b>III. Излученія новыхъ радиоактивныхъ веществъ</b>	
Приемы, употребляющіеся при изученіи излученій . . . . .	41
Энергія излученій . . . . .	42
Сложный характеръ излученій . . . . .	43
Дѣйствіе магнитнаго поля . . . . .	44
Отклоняемые лучи $\beta$ . . . . .	48
Зарядъ отклоняемыхъ лучей . . . . .	49
Дѣйствіе электрическаго поля на отклоняемые лучи $\beta$ радія . . . . .	53
Отношеніе заряда къ массѣ для заряженной отрицательно частицы, испускаемой радіемъ . . . . .	54
Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи $\alpha$ . . . . .	56
Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи другихъ радиоактивныхъ веществъ . . . . .	57

Относительное количество отклоняемых лучей $\beta$ въ ир- ченіяхъ радія . . . . .	57
Способность излученій радиоактивныхъ тѣлъ проходить сквозь вещество . . . . .	61
Ионизирующее дѣйствіе лучей радія на изолирующія жид- кости . . . . .	74
Различныя дѣйствія и примѣненія ионизирующаго вліянія лучей, испускаемыхъ радиоактивными веществами . . . . .	76
Явленія флюоресценціи и свѣтоты . . . . .	77
Выдѣленіе солями радія теплоты . . . . .	80
Химическія дѣйствія новыхъ радиоактивныхъ веществъ. Окращиваніе . . . . .	82
Выдѣленіе газа въ присутствіи солей радія . . . . .	84
Термолюминесценція . . . . .	85
Радиографія . . . . .	—
Физиологическія дѣйствія . . . . .	87
Вліяніе на излученіе температуры . . . . .	88

#### IV. Индуцированная радиоактивность

Обращеніе не-активныхъ веществъ въ радиоактивныя . . . . .	90
Активированіе въ закрытомъ ящикѣ . . . . .	92
Роль газовъ въ явленіяхъ индуцированной радиоактивности. Потеря активными твердыми тѣлами своей активности на открытомъ воздухѣ . . . . .	93
Потеря активности въ замкнутомъ пространствѣ. Скорость разрушенія эманации . . . . .	94
Природа эманаций . . . . .	95
Измѣненіе активности активированныхъ жидкостей и радіе- носныхъ растворовъ . . . . .	96
Теорія радиоактивности . . . . .	98
Другой видъ индуцированной радиоактивности . . . . .	99
Медленная эволюція индуцированной радиоактивности . . . . .	101
Индуцированная радиоактивность на веществахъ, находя- щихся въ растворѣ съ радіемъ . . . . .	102
Разсѣиваніе радиоактивной пыли и индуцированной радио- активности лабораторіи . . . . .	—
Активированіе безъ дѣйствія радиоактивныхъ веществъ . . . . .	105
Измѣненія активности радиоактивныхъ тѣлъ. Вліяніе рас- творенія . . . . .	106
Измѣненія активности солей радія при нагрѣваніи . . . . .	—
Теоретическое объясненіе причинъ измѣненій активности радіеносныхъ солей по растворенію и нагрѣванію . . . . .	112
Природа и причина явленій радиоактивности . . . . .	116
Природа и причина явленій радиоактивности . . . . .	118

## Введение

Цѣлью настоящей работы является изложеніе изслѣдованій, производившихся мною надъ радиоактивными веществами въ теченіе болѣе четырехъ лѣтъ. Я начала свои изслѣдованія съ изученія излученій урана, открытыхъ Беккерелемъ. Результаты, къ которымъ привела меня эта работа, казалось, открывали столь интересную дорогу, что г. Кюри, оставивъ въ сторонѣ собственныя свои работы, присоединился ко мнѣ, и мы приложили совмѣстныя усилія, чтобы получить новыя радиоактивные вещества и подвергнуть ихъ изученію.

Въ самомъ началѣ своихъ изслѣдованій мы рѣшили, что обязаны дать образцы открытыхъ и приготовленныхъ нами веществъ нѣкоторымъ физикамъ. Первымъ лицомъ въ этомъ отношеніи былъ Беккерель, которому урановые лучи обязаны своимъ открытіемъ. Такимъ образомъ мы нѣсколько облегчили себя, избавившись отъ изслѣдованій, производившихся надъ новыми радиоактивными веществами другими лицами. Вслѣдъ за напечатаніемъ первыхъ нашихъ результатовъ, между прочимъ, Гизель въ Германіи сталъ также изготовлять подобныя вещества и нѣкоторые изъ нихъ далъ кое кому изъ нѣмецкихъ ученыхъ. Затѣмъ вещества эти поступили во Франціи и въ Германіи въ продажу, и вопросъ о нихъ, приобретаая все большую и большую важность, образовалъ цѣлое научное движеніе, въ результатѣ котораго появилось и постоянно, главнымъ образомъ за границей, появляется множество мемуаровъ о радиоактивныхъ тѣлахъ. Результаты различныхъ работъ, какъ французскихъ, такъ и иностранныхъ, само собою разумѣется, переплетаются и перепутываются, какъ это бываетъ со всякимъ предметомъ изученія, новымъ и только что возникающимъ. Положеніе и состояніе вопроса мѣняется, такъ сказать, со дня на день.

Однако съ химической точки зрѣнія одинъ фактъ установленъ вполне опредѣленно: это—существованіе новаго сильно радио-

активного элемента, радія. Полученіе хлористаго соединенія радія и опредѣленіе его атомнаго вѣса составляетъ наиболѣе важную часть лично моей работы. Работа эта прибавляетъ къ извѣстнымъ до сихъ поръ простымъ тѣламъ одно новое простое тѣло, обладающее весьма удивительными свойствами; вмѣстѣ съ тѣмъ она дастъ и новый, прочно установленный и оправдываемый опытомъ, методъ химическихъ изслѣдованій. Этотъ методъ, основанный на радиоактивности, трактуемой, какъ одно изъ атомныхъ свойствъ матеріи, и позволилъ намъ, мнѣ и г. Кюри, открыть существованіе радія.

Если съ химической точки зрѣнія на выставленный впервые нами вопросъ можно смотрѣть, какъ на рѣшенный, то изученіе физическихъ свойствъ радиоактивныхъ веществъ находится въ періодѣ начального своего развитія. Нѣкоторые важные факты уже установлены, но громадное число заключеній носитъ пока еще лишь предварительный характеръ. Въ этомъ нѣтъ ничего удивительнаго, если принять во вниманіе сложность явленій, обусловливаемыхъ радиоактивностью, и различія, существующія между тѣми или иными радиоактивными веществами. Изслѣдованія различныхъ физиковъ, изучающихъ эти вещества, постоянно сталкиваются и скрещиваются одно съ другимъ.

Презлѣдую означенную цѣль своей работы и излагая, вообще говоря, собственные свои изслѣдованія, я была принуждена излагать въ то же время и результаты работъ другихъ, знакомство съ которыми болѣе или менѣе необходимо.

Между прочимъ, мнѣ хотѣлось сдѣлать изъ предлагаемой книги мемуаръ о современномъ состояніи разбираемаго вопроса вообще.

Я производила свои работы въ Парижской школѣ промышленной физики и химіи (l'École de Physique et Chimie industrielles de la Ville de Paris), съ разрѣшенія бывшаго директора этой школы Шютценбергера и нынѣшняго ея директора г. Лауга. Считаю своимъ долгомъ выразить глубокую свою признательность за ту предупредительность и любезность, которыми я пользовалась въ этой школѣ.

## И С Т О Р И Ч Е С К І Й О Ч Е Р К Ъ

Открытие явленій радиоактивности находится въ связи съ изслѣдованіями, производившимися со времени открытія лучей Рѣнтгена надъ фотографическими дѣйствіями фосфоресцирующихъ и флюоресцирующихъ веществъ.

Первыми трубками, производящими лучи Рёнтгена, были трубки безъ металлическаго антикатада. Источникомъ рёнтгеновскихъ лучей служила стеклянная стѣнка, въ которую ударяли катодные лучи. Тогда можно было задаться вопросомъ, не сопровождается ли испусканіемъ лучей Рёнтгена образованіе всякаго рода флюоресценціи, какова бы ни была причина этой послѣдней. Мысль эту впервые высказалъ Анри Пуанкаре <sup>1</sup>.

Нѣсколько времени спустя Анри (Henri) опубликовалъ, что онъ получилъ фотографическіе снимки черезъ черную бумагу съ помощью фосфоресцирующаго сѣрнистаго цинка <sup>2</sup>. Невенгловскій получилъ то же явленіе съ выставленнымъ на свѣтъ сѣрнистымъ кальціемъ <sup>3</sup>. Наконецъ, Тростъ получилъ отчетливые фотографическіе снимки съ помощью искусственной фосфоресцирующей гексагональной обманки, дѣйствующей черезъ черную бумагу и толстый картонъ <sup>4</sup>.

Только что указанныхъ опытовъ не удалось воспроизвести еще разъ, несмотря на многочисленныя, дѣлавшіяся съ этою цѣлью, попытки. Нельзя было считать доказаннымъ, что сѣрнистый цинкъ и сѣрнистый кальцій могутъ испускать подъ дѣйствіемъ свѣта невидимыя радіаціи и дѣйствовать черезъ черную бумагу на фотографическія пластинки.

Беккерель производилъ аналогичные опыты съ солями урана, изъ коихъ нѣкоторыя флюоресцируютъ <sup>5</sup>. Онъ получилъ фотографическіе снимки черезъ черную бумагу отъ двойной сѣрнокислой уранокалиевой соли. Сначала Беккерель думалъ, что эта соль, обладающая способностью флюоресцировать, аналогична по своимъ дѣйствіямъ сѣрнистому цинку и сѣрнистому кальцію въ опытахъ Анри, Невенгловскаго и Троста. Но дальнѣйшіе его опыты показали, что наблюдавшіяся явленія отнюдь не связаны съ флюоресценціей. Не необходимо, чтобы соль была освѣщена; по крайней мѣрѣ уранъ и всѣ его соединенія, какъ флюоресцирующія, такъ и не флюоресцирующія, дѣйствуютъ одинаково, причемъ металлическій уранъ оказывается наиболѣе активнымъ. Беккерель нашелъ затѣмъ, что если урановыя соединенія сохранять въ абсолютной темнотѣ, то они продолжаютъ дѣйствовать на фотографическія пластинки цѣлыми годами. Беккерель предположилъ, что уранъ и его соединенія испускаютъ особаго рода лучи: урановые лучи. Онъ дока-

<sup>1</sup> *Revue générale des Sciences*, 30 янв. 1896 г.

<sup>2</sup> *Comptes rendus*, т. CXXII, стр. 312.

<sup>3</sup> *Comptes rendus*, т. CXXII, стр. 386.

<sup>4</sup> *Comptes rendus*, т. CXXII, стр. 564.

<sup>5</sup> *Becquerel, Comptes rendus*, 1896 г. (нѣсколько замѣтокъ).

залъ, что эти лучи могутъ проходить сквозь тонкія металлическія пластинки и разряжать наэлектризованныя тѣла. Имъ были произведены также опыты, изъ которыхъ онъ заключилъ, что урановые лучи выказываютъ отраженіе, преломленіе и поляризацию.

Работы другихъ физиковъ (Эльстера и Гейтеля, лорда Кельвина, Шмидта, Рутерфорда, Беатти и Смолуховскаго) подтвердили и расширили результаты изслѣдованій Беккерели, не обнаруживъ, однако, отраженія, преломленія и поляризациі урановыхъ лучей, которые, съ ихъ точки зрѣнія, вполне аналогичны лучамъ Рѣнтгена, какъ это было высказано сперва Рутерфордомъ, а затѣмъ и самимъ Беккерелемъ.

---

## ГЛАВА ПЕРВАЯ

# Радіоактивність урана і торія — Радіоактивні мінерали

*Лучи Беккереля.* — Открытые Беккерелемъ урановые лучи дѣйствуютъ на фотографическія пластинки, защищенные отъ вліянія на нихъ свѣта; они могутъ проходить сквозь твердыя, жидкія и газообразныя тѣла при томъ условіи, если послѣднія представляютъ собою достаточно тонкій слой; проходя черезъ газы, лучи эти обращаютъ послѣдніе въ слабые проводники электричества <sup>1</sup>.

Подобныя свойства соединеній урана проявляются безъ всякой видимой побудительной причины. Излученіе ихъ, повидимому, самопроизвольно; его интенсивность нисколько не мѣняется, если соединенія урана цѣлыми годами держать въ абсолютной темнотѣ; здѣсь и рѣчи нѣтъ о какой бы то ни было особой фосфоресценціи, вызываемой дѣйствіемъ свѣта.

Самопроизвольность и постоянство урановыхъ излученій казались совершенно особеннымъ, экстраординарнымъ физическимъ явленіемъ. Беккерель сохранялъ кусочекъ урана въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ въ темнотѣ и по истеченіи этого срока констатировалъ тотъ фактъ, что дѣйствіе урана на фотографическія пластинки не измѣнилось чувствительнымъ образомъ. Эльстеръ и Гейтель производили аналогичный опытъ и также нашли, что это дѣйствіе постоянно <sup>2</sup>.

Я измѣряла интенсивность излученій урана, пользуясь дѣйствіемъ этихъ излученій на проводимость воздуха. Методъ измѣреній будетъ изложенъ далѣе. Такимъ образомъ мною были получены нѣ-

<sup>1</sup> Becquerel, *Comptes rendus*, 1896 г. (нѣсколько замѣтокъ).

<sup>2</sup> Becquerel, *Comptes rendus*, т. CXXVIII, стр. 771.—Elster u. Geitel, *Beibl.*, т. XXI, стр. 455.



которыя числа, доказывающія постоянство изслѣдовавшихся излученій въ предѣлахъ точности опытовъ, т. е. отъ 2 до 3 процентовъ <sup>1</sup>.

Для этихъ измѣреній употреблялась металлическая пластинка, покрытая слоемъ распыленного урана; эта пластинка, надо замѣтить, не хранилась въ темнотѣ, такъ какъ по вышеуказаннымъ наблюдениямъ это условіе оказывается не имѣющимъ большого значенія. Число измѣреній, которымъ подвергалась эта пластинка, очень велико, и въ настоящее время можно сказать, что они производились въ промежутокъ времени въ пять лѣтъ.

Произведены были нѣкоторыя измѣренія и для того, чтобы узнать, не могутъ ли и другія вещества дѣйствовать на подобіе соединений урана. Шмидтъ первый напечаталъ, что такую способностью обладаютъ также торій и его соединения <sup>2</sup>. Одновременно съ нимъ аналогичную работу сдѣлала и я, причемъ получила тотъ же результатъ. Я напечатала эту работу, еще не зная ничего о работѣ Шмидта <sup>3</sup>.

Будемъ говорить, что уранъ, торій и ихъ соединения испускаютъ лучи Беккереля. Вещества, испускающія лучи этого рода, я назвала радиоактивными <sup>4</sup>. Это названіе уже повсюду принято.

Но своимъ фотографическимъ и электрическимъ дѣйствіямъ лучи Беккереля напоминаютъ собою лучи Рентгена. Какъ и эти послѣдніе, они обладаютъ способностью проходить сквозь великую матерію. Но ихъ способность проникать сквозь тѣла чрезвычайно различна: лучи урана и торія задерживаются нѣсколькими миллиметрами твердаго вещества, а въ воздухѣ не могутъ преодолѣть разстоянія, превосходящаго нѣсколько сантиметровъ; это правильно, по крайней мѣрѣ, по отношенію къ значительной части излученія.

Работы разныхъ физиковъ, а прежде всего Рутерфорда, показали, что лучи Беккереля не обнаруживаютъ ни отраженія, ни преломленія, ни поляризаціи <sup>5</sup>.

Вслѣдствіе незначительной способности урановыхъ и торіевыхъ лучей проникать сквозь тѣла, ихъ можно сравнивать скорѣе со вто-

<sup>1</sup> M-me Curie, *Revue générale des Sciences*, январь 1899 г.

<sup>2</sup> Schmidt, *Wied. Ann.*, т. LXV, стр. 141.

<sup>3</sup> M-me Curie, *Comptes rendus*, апрѣль 1898 г.

<sup>4</sup> P. Curie et M-me Curie, *Comptes rendus*, 18 іюля 1898 г.

<sup>5</sup> Rutherford, *Phil. Mag.*, январь 1899 г.

ричными лучами, производимыми лучами Рѣнтгена, изученными Саньякомъ<sup>1</sup>, чѣмъ съ самими рѣнтгеновскими лучами.

Съ другой же стороны, лучи Беккереля можно уподобить катоднымъ лучамъ, распространяющимся въ воздухѣ (лучамъ Лепара). Въ настоящее время извѣстно, что все эти различные аналогіи вполне законны.

*Измѣреніе интенсивности излученій.*—Употреблявшійся мною методъ заключается въ измѣреніи проводимости, приобретаемой воздухомъ подѣ дѣйствіемъ радиоактивныхъ веществъ. Этотъ методъ очень выгоденъ въ томъ отношеніи, что онъ очень быстръ и даетъ числа, легко сравнимыя между собою. Приборъ, которымъ я пользовалась съ этою цѣлью, состоитъ главнымъ образомъ изъ конденсатора съ пластинами АВ (рис. 1). Пластина В усѣяна тончай-

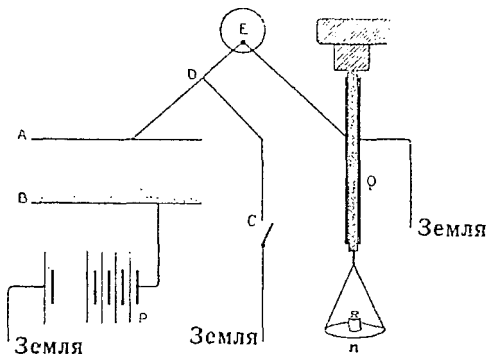


Рис. 1

шею пылью активного вещества, дѣлающаго воздухъ между обѣими пластинами проводящимъ. Для измѣренія этой проводимости на пластинѣ В поддерживаютъ нѣкоторый высокій потенциалъ, соединяя ее съ однимъ изъ полюсовъ батареи, состоящей изъ маленькихъ аккумуляторовъ, другой полюсъ которой уведенъ въ землю. Такъ какъ пластинѣ А съ помощью проволоки CD все время сообщается потенциалъ земли, то между обѣими пластинами устанавливается электрический токъ. Потенциалъ пластины А указывается электрометромъ. Если въ С прервать сообщеніе съ землею, то пластина А

заряжается, причемъ ей зарядъ заставляетъ электрометръ отклониться. Скорость отклоненія пропорціональна силѣ тока и можетъ служить для измѣреній.

Предпочтительнѣе, впрочемъ, производить это измѣреніе компенсированіемъ принимаемаго пластиной А заряда, что достигается соединеніемъ электрометра съ землею.

Заряды, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, чрезвычайно слабы; ихъ можно компенсировать посредствомъ пьезо-электрическаго кварца Q, одна обкладка котораго находится въ соединеніи съ пластиной А, а другая уведена въ землю. Кварцевую пластинку подвергаютъ определенной нагрузкѣ, составляемой изъ гирекъ, положенныхъ на чашку *n*; эта нагрузка устанавливается не сразу, а понемногу; оказываемое ею дѣйствіе сказывается въ постепенномъ освобожденіи въ теченіе измѣряемаго промежутка времени опредѣленнаго количества электричества. Самое производство опыта регулируется такимъ образомъ, что въ каждый моментъ происходитъ компенсація количества электричества, проходящаго черезъ конденсаторъ, и количества электричества противоположнаго знака, доставляемаго кварцемъ<sup>1</sup>. Такимъ образомъ можно измѣрить въ абсолютной величинѣ количество электричества, проходящаго въ данное время черезъ конденсаторъ, т. е. силу тока. Измѣреніе отъ чувствительности электрометра не зависитъ.

Произведя нѣсколько измѣреній такого рода, можно убѣдиться, что радиоактивность представляетъ собою явленіе, которое можетъ быть измѣрено съ нѣкоторою точностью. Оно слегка измѣняется съ температурой, на него нѣсколько вліяютъ колебанія окружающей температуры; освѣщеніе же активнаго вещества не оказываетъ на это явленіе никакого вліянія. Сила тока, проходящаго черезъ конденсаторъ, увеличивается при увеличеніи поверхности пластинъ. Для даннаго конденсатора и даннаго вещества токъ увеличивается при увеличеніи разности потенциаловъ на пластинкахъ, давленія газа, находящагося въ конденсаторѣ, и разстоянія пластинъ другъ отъ друга (если только это разстояніе не слишкомъ велико сравнительно съ діаметромъ пластинъ). Во всякомъ случаѣ, при значительныхъ разностяхъ потенциаловъ, токъ достигаетъ нѣкотораго предѣльнаго значенія, ко-

<sup>1</sup> Достигнуть этого очень нетрудно, если гирьки находятся <sup>подъ</sup> рукой, и ихъ на чашку *n* можно накладывать постепенно, удерживая <sup>в</sup> зеркало электрометра все время на нулѣ. При извѣстномъ <sup>навѣсѣ</sup> можно выучиться производить это измѣреніе очень точно, получая <sup>хорошіе</sup> прекрасные результаты. Такой методъ измѣренія <sup>слабыхъ</sup> токовъ <sup>пре-</sup> описанъ г. Ж. Кюри въ его диссертациѣ <sup>былъ</sup>.

торое практически остается постояннымъ. Это—токъ насыщенія или предѣльный токъ. Для опредѣленнаго, достаточно значительнаго разстоянія пластинъ другъ отъ друга, при увеличеніи этого разстоянія токъ больше уже не мѣняется. Токъ, получавшійся при такихъ условіяхъ, и служилъ въ моихъ изслѣдованіяхъ мѣрою радиоактивности, причемъ конденсаторъ помѣщался въ воздухѣ, находившемся при атмосферномъ давленіи.

На прилагаемыхъ рисункахъ изображены въ видѣ примѣра кривыя, представляющія силу тока, какъ функцію средняго поля, устанавливавшагося между пластинами при двухъ различныхъ разстояніяхъ ихъ другъ отъ друга. Пластина В покрывалась тонкимъ слоемъ распыленнаго металлическаго урана, а находившаяся въ соединеніи съ электрометромъ пластина А имѣла предохранительное кольцо.

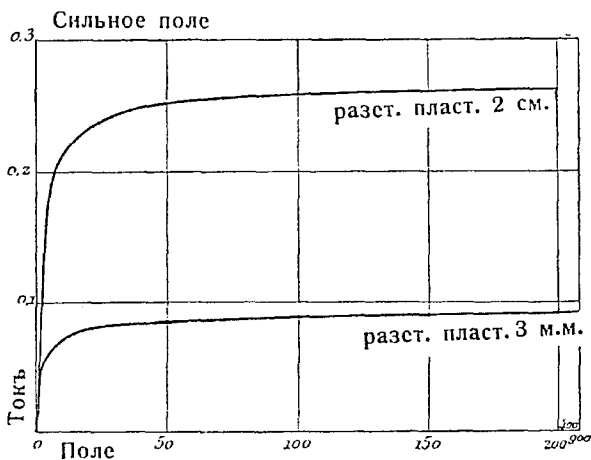


Рис. 2

Рисунокъ 2-й показываетъ, что при значительныхъ разностяхъ потенциала сила тока между пластинами становится постоянной. На рисунокѣ 3-мъ изображены тѣ же кривыя при нѣсколькихъ иныхъ условіяхъ; эти кривыя представляютъ собою результаты измѣреній, производившихся при слабыхъ разностяхъ потенциала. Въ началѣ кривая прямолинейна; отношеніе силы тока къ разности потенциаловъ для слабыхъ напряженій постоянно и представляетъ собою

начальную проводимость между пластинками. Однако можно различать двѣ важныя постоянныя, характеризующія наблюдаемое явление: 1) начальную проводимость при незначительныхъ разностяхъ потенциаловъ и 2) предѣльный токъ при большихъ разностяхъ потенциаловъ. Мѣрою радиоактивности и служилъ этотъ предѣльный токъ.

Кромѣ разности потенциаловъ, устанавливающейся между пла-

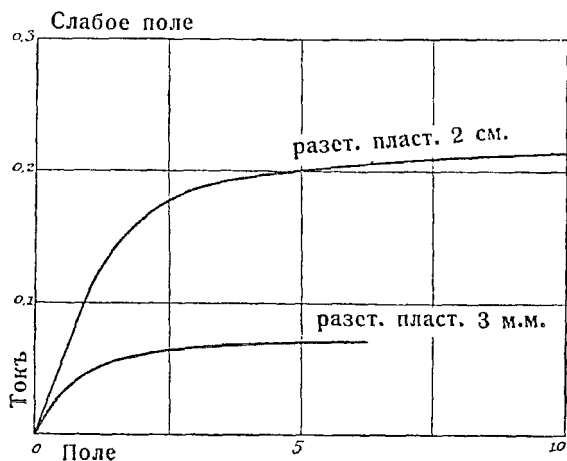


Рис. 3

стинками, между ними существуетъ еще и электродвижущая сила контакта; обѣ эти создающія токъ причины складываются вмѣстѣ; поэтому-то абсолютное значеніе силы тока и мѣняется вмѣстѣ со знакомъ внѣшней разности потенциаловъ. Впрочемъ, при значительныхъ разностяхъ потенциаловъ влияніемъ электродвижущей силы контакта можно пренебречь, и тогда сила тока остается одной и той же, каково бы ни было направленіе поля между пластинками.

Изученіе проводимости воздуха и другихъ газовъ, подверженныхъ дѣйствию лучей Беккереля, производилось многими физиками<sup>1</sup>. Очень полная разработка этого вопроса была сдѣлана Рутерфордомъ<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Becquerel, Comptes rendus, т. CXXIV, стр. 800, 1897 г.—Kelvin, Beattie et Smolan, Nature, т. LVI, 1897 г.—Beattie et Smoluchowski, Phil. Mag., т. XLIII, стр. 418.

<sup>2</sup> Rutherford, Phil. Mag., январь 1899 г.

Законы проводимости, создаваемой въ газахъ лучами Беккереля, тѣ же, что и найденныя для лучей Рѣнтгена. Самый механизмъ явленія въ обонхъ случаяхъ, повидимому, совершенно одинаковъ. Теорія іонизаціи газовъ подъ дѣйствіемъ лучей Рѣнтгена или Беккереля вполне сходилась съ наблюдаемыми фактами. Здѣсь эта теорія излагаться не будетъ. Я напомню только результаты, къ которымъ она приводитъ:

1) Число іоновъ, образующихся въ газѣ въ теченіе каждой секунды, считается пропорціональнымъ энергіи поглощаемого газомъ излученія.

2) Для полученія предѣльнаго тока, имѣющаго мѣсто при данномъ излученіи, нужно, съ одной стороны, заставить газъ поглотить цѣлкомъ это излученіе, для чего необходима достаточная поглощающая масса; съ другой стороны, надо воспользоваться для образованія тока всеими получившимися іонами, устанавливая электрическое поле достаточно сильнымъ для того, чтобы число іоновъ, вновь соединяющихся другъ съ другомъ, стало ничтожной долей всего числа образующихся въ то же самое время іоновъ, которые почти все увлекаются токомъ и приходятъ къ электродамъ. Среднее электрическое поле, необходимое для полученія этого результата, тѣмъ болѣе, чѣмъ сильнѣе іонизація.

Судя по послѣднимъ изслѣдованіямъ Тоунзенда, это явленіе при низкомъ давленіи газа нѣсколько усложняется. При увеличеніи разности потенціаловъ токъ сначала, повидимому, стремится къ нѣкоторому постоянному предѣльному значенію; начиная же съ нѣкоторой разности потенціаловъ, токъ снова возрастаетъ вмѣстѣ съ увеличеніемъ поля, причѣмъ происходитъ это очень быстро. Тоунзендъ считаетъ, что такое возрастаніе обусловливается новой іонизаціей, производимой самими же іонами, когда они подъ дѣйствіемъ электрическаго поля приобрѣтаютъ скорость, достаточную для того, чтобы встрѣчаясь этими частицами газовая молекула раздробилась на свои составляющіе іоны. Сильное электрическое поле и низкое давленіе благоприятствуютъ такой іонизаціи уже существующими іонами, а разъ она начинается, это влечетъ за собою постоянное увеличеніе силы тока при возрастаніи электрическаго между пластинками поля <sup>1</sup>. Предѣльный токъ можетъ получиться только благодаря іонизирующимъ причинамъ, интенсивность которыхъ не превышаетъ нѣкотораго опредѣленнаго значенія, такъ что насыщеніе соотвѣтствуетъ полямъ, для которыхъ іонизація

<sup>1</sup> Townsend, Phil. Mag., 1901 г., 6-я серия, т. I, стр. 198.

ударами іоновъ еще не можетъ имѣть мѣста. Это-то условіе и было осуществлено въ моихъ опытахъ.

Токи насыщения, получающіеся съ соединеніями урана, имѣютъ порядокъ  $10^{-11}$  амперъ, если пластины конденсатора имѣютъ 8-сантиметровый діаметръ и отстоятъ одна отъ другой на 3 см. Соединенія торія даютъ токи такого же порядка; активности окисей урана и торія вполне аналогичны другъ другу.

*Радиоактивность соединеній урана и торія.*—Вотъ числа, полученные мною съ различными соединеніями урана и торія; буквою *i* я обозначила силу тока въ амперахъ.

	$i \times 10^{11}$
Металлическій уранъ (содержащій нѣкоторое количество углерода) . . . . .	2,3
Черная окись урана $U_2O_5$ . . . . .	2,6
Зеленая » » $U_3O_4$ . . . . .	1,8
Гидратъ урановой кислоты . . . . .	0,6
Урановокислый натрій . . . . .	1,2
» калий . . . . .	1,2
» аммоній . . . . .	1,3
Урановые сульфаты . . . . .	0,7
Сульфатъ уранила и калия . . . . .	0,7
Азотнокислый ураниль . . . . .	0,7
Двойная фосфорнобислая соль мѣди и уранила . . . . .	0,9
Сѣроокись урана . . . . .	1,2

Толщина слоя взятаго урановаго соединенія имѣетъ мало значенія; важно только, чтобы этотъ слой былъ сплошнымъ. Вотъ нѣкоторые опыты, касающіеся этого вопроса:

	Толщина слоя	$i \times 10^{11}$
Окись урана . . . . .	0,5	2,7
» » . . . . .	3,0	3,0
Урановокислый аммоній . . . . .	0,5	1,3
» » . . . . .	3,0	1,4

Отсюда можно заключить, что поглощеніе урановыхъ лучей испускающею ихъ матеріей очень велико, такъ какъ лучи, исходящіе изъ болѣе глубокихъ слоевъ, не могутъ произвести значительнаго эффекта.

Числа, полученные мною съ соединеніями торія <sup>1</sup>, дали мнѣ возможность констатировать:

<sup>1</sup> M-me Curie, Comptes rendus, апрѣль 1898 г.

1) что толщина взятого слоя имѣеть большое значеніе, по крайней мѣрѣ, для окисл;

2) что явленіе имѣеть нѣкоторую правильность лишь при тонкомъ активномъ слое (напримѣръ, при 0,25 мм.). Если же брать толстый (6 мм.) слой матеріи, то получающіяся числа колеблются въ широкихъ предѣлахъ, по крайней мѣрѣ, для окиси:

	Толщина слоя	$i \times 10^{11}$
Окисль торія . . . . .	0,25	2,2
» » . . . . .	0,5	2,5
» » . . . . .	2,5	4,7
» » . . . . .	3,0	5,5 въ среднемъ.
» » . . . . .	6,0	5,5 »
Сульфатъ торія . . . . .	0,25	0,8

Въ явленіи имѣются какія-то причины неправильностей, которыхъ нѣтъ въ случаѣ соединений урана. Числа, полученные для слое окиси въ 6 мм. толщиной, колеблются въ предѣлахъ отъ 3,7 до 7,3.

Опыты, производившіеся мною надъ поглощеніемъ урановыхъ и торіевыхъ лучей, показали, что послѣдніе обладаютъ способностью проходить сквозь тѣла въ большей степени, чѣмъ первыя, и что въ лучахъ, испускаемыхъ толстымъ слоемъ окиси торія, способность эта развита болѣе, чѣмъ въ лучахъ, исходящихъ изъ тонкаго слоя того же соединенія. Вотъ, напримѣръ, числа, показывающія, какое количество лучей проходитъ сквозь алюминіевую пластинку въ 0,01 мм. толщиной:

Излучающее вещество	Часть излученія, прошедшая через пластинку
Уранъ . . . . .	0,18
Окисль урана $U_2O_5$ . . . . .	0,20
Урановокислый аммоній . . . . .	0,20
Фосфорнокислая соль урана и мѣди . . . . .	0,21
Окисль торія въ слое въ . . . 0,25 мм.	0,38
» » » » . . . 0,5 »	0,47
» » » » . . . 3,0 »	0,70
» » » » . . . 6,0 »	0,70
Сѣрнокислый торій въ . . . 0,25 »	0,38

Что касается соединений урана, то, каково бы оно ни было, поглощеніе всегда остается однимъ и тѣмъ же. Это заставляетъ думать, что природа лучей, испускаемыхъ различными соединеніями, одинакова.



Особенности торієвих радіацій служили предметомъ очень обстоятельныхъ работъ. Оуэнсъ<sup>1</sup> показалъ, что токъ становится постояннымъ лишь въ закрытомъ приборѣ, да и то по истеченіи нѣкотораго достаточно продолжительнаго времени, и что сила тока сильно уменьшается отъ продуванія струи воздуха (что не имѣетъ мѣста въ случаѣ урановыхъ соединений). Рутерфордъ производилъ аналогичные опыты и объяснилъ ихъ, предположивъ, что торій и его соединения, кромѣ беккерелевыхъ лучей, испускають еще эманацию, состоящую изъ мельчайшихъ частицъ, остающихся радіоактивными нѣкоторое время по выходѣ ихъ изъ излучающаго вещества, и могущую быть удаленной потокомъ воздуха.<sup>2</sup>

Особенности торієвыхъ радіацій, касающіяся вліянія толщины взятаго слоя и дѣйствія воздушныхъ потоковъ, находится въ тѣсной связи съ явленіемъ индуктированной радіоактивности и распространенія ея все дальше и дальше. Это явленіе впервые наблюдалось надъ радіемъ и будетъ описано ниже.

Радіоактивность соединений урана и торія есть, повидимому, особое свойство атомнаго характера. Уже Беккерель наблюдалъ, что все соединения урана активны, и отсюда заключилъ, что ихъ активность обуславливается присутствіемъ элемента урана; онъ показалъ также, что металлическій уранъ обладаетъ большею активностью, чѣмъ его соли.<sup>3</sup> Онъ принялся за изученіе съ этой точки зрѣнія соединений урана и торія и сдѣлалъ громадное число измѣреній ихъ активности при различныхъ условіяхъ. Результатъ этихъ измѣреній сводится къ признанію большой вѣроятности того, что радіоактивность этихъ веществъ есть свойство атомнаго характера. Здѣсь оно, повидимому, находится въ связи съ присутствіемъ атомовъ двухъ разсматриваемыхъ элементовъ и не можетъ быть уничтожено ни измѣненіемъ физическаго состоянія, ни химическими превращеніями. Химическія соединения и смѣси, содержащія уранъ и торій, тѣмъ активнѣе, чѣмъ больше въ нихъ содержаніе этихъ металловъ, тогда какъ вся неактивная матерія дѣйствуетъ съ одной стороны—какъ инертная масса, а съ другой—какъ масса, поглощающая излученіе.

*Представляетъ ли собою атомная радіоактивность явленіе общаго характера?* — Выше я уже сказала, что мнѣ хотѣлось узнать, не радіоактивны ли, кромѣ соединений урана и торія, какія либо другія вещества. Предприняла я это изслѣдованіе, считая очень мало вѣроятнымъ, чтобы радіоактивность, рассматри-

<sup>1</sup> Owens, Phil. Mag., октябрь 1899 г.

<sup>2</sup> Rutherford, Phil. Mag., январь 1900 г.

<sup>3</sup> Becquerel, Comptes rendus, т. CXXII, стр. 1086.

ваемая, какъ особое свойство атомнаго характера, была присуща одному роду матеріи и не присуща другому. Сдѣланныя мною измѣренія дали мнѣ возможность высказать мысль, что для тѣхъ химическихъ элементовъ, которые разсматриваются, какъ таковыя, включая сюда и самыя рѣдкіе, и самыя гипотетическіе, изученныя мною соединенія всегда были, по крайней мѣрѣ, въ 100 разъ меньше активными, чѣмъ металлическій уранъ. При изученіи распространенныхъ элементовъ я изслѣдовала по нѣскольку соединеній; что же касается рѣдкихъ тѣлъ, то мною были изслѣдованы только такія ихъ соединенія, какія я могла достать.

Вотъ перечень веществъ, изучавшихся мною въ видѣ ли простыхъ тѣлъ или соединеній:

1) въѣ легко находимые металлы или металлоиды, а также нѣкоторые болѣе рѣдкіе чистые продукты, взятые изъ коллекціи Этара, находящейся въ Парижской школѣ промышленной физики и химіи;

2) слѣдующія рѣдкія тѣла: галлій, германій, неодимъ, празеодимъ, ніобій, скандій, гадолиній, эрбій, самарій и рубидій (эти образцы были даны мнѣ Демарсеемъ), а также иттрий и иттербій съ новымъ эрбиемъ, которыми меня снабдилъ Юрбенъ <sup>1</sup>;

3) большое число рудъ и минераловъ.

Въ предѣлахъ чувствительности моего прибора я не нашла никакого другаго простаго вещества, кромѣ урана и торія, которое обладало бы атомною радиоактивностью. Во всякомъ случаѣ, нельзя не сказать нѣсколькихъ словъ о фосфорѣ. Влажный бѣлый фосфоръ, будучи помѣщенъ между пластинами конденсатора, дѣластъ находящуюся между ними воздухъ проводникомъ <sup>2</sup>. Впрочемъ, на это тѣло я не смотрю, какъ на радиоактивное вродѣ урана и торія. Въ этихъ условіяхъ фосфоръ дѣйствительно окисляется и испускаетъ свѣтовые лучи, тогда какъ соединенія урана и торія обладаютъ радиоактивностью, не обнаруживая при этомъ никакихъ, выказываемыхъ чѣмъ бы то ни было, химическихъ измѣненій. Волѣ того, фосфоръ ни въ видѣ краснаго фосфора, ни въ видѣ соединеній не активенъ.

Въ недавно появившейся работѣ Влоха, авторъ показываетъ, что фосфоръ, окисляясь въ присутствіи воздуха, порождаетъ очень малоподвижные іоны, которые дѣлаютъ воздухъ проводникомъ и срываютъ водяные пары <sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Я очень благодарна вышеупомянутымъ ученымъ, давшимъ мнѣ для моей работы названные образцы. Благодарю также и Моассана, снабдившаго меня для той же работы металлическимъ ураномъ.

<sup>2</sup> Elster u. Geitel, Wied. Ann., 1890 r.

<sup>3</sup> Bloch, Société de Physique, 6 февраля 1903 r.

Нѣкоторыя работы послѣдняго времени наводятъ на мысль, что въ очень слабой степени радиоактивностью обладаютъ все вообще вещества <sup>1</sup>. Тождественность этихъ очень слабыхъ явленій съ явленіями атомной радиоактивности пока еще нельзя считать установленною вполнѣ.

Уранъ и торій суть два элемента, обладающіе наибольшимъ атомнымъ вѣсомъ (240 и 232); они часто встрѣчаются въ однихъ и тѣхъ же минералахъ.

*Радиоактивные минералы.*—Я изслѣдовала въ своемъ приборѣ нѣсколько минераловъ <sup>2</sup>: нѣкоторые изъ нихъ оказались радиоактивными, какъ, напр., смоляная обманка, халколитъ, аутувигъ, моназитъ, торитъ, оранжитъ, фергюсонитъ, клеветъ и пр. Вотъ таблица, дающая въ амперахъ силу  $i$  тока, полученнаго съ металлическимъ ураномъ и различными минералами:

	$i \times 10^{11}$
Уранъ . . . . .	2,3
Смоляная обманка Юганнгеоргенштадтская . . . . .	8,3
» Иоакимстальская . . . . .	7,0
« Прижибрамская . . . . .	6,5
» Корпуальская . . . . .	1,6
Клеветъ . . . . .	1,4
Халколитъ . . . . .	5,2
Аутувигъ . . . . .	2,7
Различные ториты . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} 0,1 \\ 0,3 \\ 0,7 \\ 1,3 \\ 1,4 \end{array} \right.$
Оранжитъ . . . . .	2,0
Моназитъ . . . . .	0,5
Ксенотимъ . . . . .	0,03
Эшинитъ . . . . .	0,7
Фергюсонитъ, 2 образца . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} 0,4 \\ 0,1 \end{array} \right.$
Самарскитъ . . . . .	1,1
Ніобитъ, 2 образца . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} 0,1 \\ 0,3 \end{array} \right.$

<sup>1</sup> Mac Lennan et Burton, Phil. Mag., июнь 1903 г.—Strutt, Phil. Mag., июнь 1903 г.—Lester Cooke, Phil. Mag., октябрь 1903 г.

<sup>2</sup> Нѣсколько образцовъ минераловъ изъ коллекции Музея были любезно предоставлены мнѣ распоряженіемъ г-номъ Лакруа.

Танталитъ . . . . .	0,02
Карнотитъ <sup>1</sup> . . . . .	6,2

Токъ, получавшійся съ оранжевомъ (минераломъ окиси торія), сильно мѣнялся въ зависимости отъ толщины взятаго слоя. Увеличивая эту толщину отъ 0,25 мм. до 6 мм., мы увеличивали токъ съ 1,8 до 2,3.

Все минералы, оказавшіеся радиоактивными, содержатъ или уранъ, или торій; въ активности ихъ нѣтъ ничего удивительнаго, но интенсивность явленія въ нѣкоторыхъ минералахъ совершенно неожиданна. Такъ, смолиныя обманки (минералы окиси урана) оказываются въ 4 раза активнѣе металлическаго урана. Халколитъ (кристаллы фосфорнокислой соли мѣди и урана) въ два раза активнѣе урана. Аурунитъ (фосфорнокислая соль урана и кальція) также активнѣе урана. Эти факты нѣсколько расходятся съ вышеприведенными соображеніями, по которымъ ни одинъ минералъ не можетъ быть активнѣе урана или торія.

Чтобы выяснитъ это, я приготовила искусственный халколитъ по способу Дебре. Способъ его состоитъ въ смѣшиваніи раствора азотнокислаго урана съ растворомъ фосфорнокислой мѣди въ фосфорной кислотѣ и въ нагреваніи смѣси до 50 или 60 градусовъ. По истеченіи нѣкотораго времени въ жидкости образуются кристаллы халколита <sup>2</sup>. Полученный такимъ образомъ халколитъ обладаетъ совершенно нормальною активностью; онъ въ два съ половиною раза слабѣе активенъ, чѣмъ уранъ.

Съ нѣкоторыхъ поръ стало очень вѣроятнымъ, что, если смолиная обманка, халколитъ и аурунитъ обладаютъ столь значительною радиоактивностью, то это значитъ, что перечисленные вещества заключаютъ въ себѣ, въ небольшомъ количествѣ, нѣкоторую сильно радиоактивную матерію, волинь отличную отъ урана, торія и другихъ извѣстныхъ до настоящаго времени простыхъ тѣлъ. Я думала, что если это такъ, то я могла бы надѣяться извлечь эту матерію изъ руды путемъ обыкновенныхъ приѣмовъ химическаго анализа.

<sup>1</sup> Карнотитъ есть минералъ ванадіевокислаго урана, открытый недавно Фриделемъ и Кюманжемъ.

<sup>2</sup> Debray, Ann. de Chim. et de Phys., 3-я серия, т. LXI, стр. 445.

## ГЛАВА ВТОРАЯ

### Новыя радіоактивныя вещества

*Методъ изслѣдованій.*—Описанные въ предыдущей главѣ результаты изученія радиоактивныхъ минераловъ побудили г. Кюри и меня къ отысканію способа извлеченія изъ смоляной обманки новаго радиоактивнаго вещества. Нашъ методъ изслѣдованій могъ основываться исключительно только на радиоактивности, такъ какъ мы не знали никакого другого свойства этого гипотетическаго вещества. Для изслѣдованія веществъ такого рода съ помощью радиоактивности можно воспользоваться слѣдующимъ пріемомъ: сначала измѣряется радиоактивность нѣкотораго вещества, затѣмъ производится химическое отдѣленіе различныхъ составныхъ его частей, и измѣряется радиоактивность полученныхъ продуктовъ. Потомъ разсчитываютъ, осталось ли радиоактивное вещество въ какомъ либо одномъ изъ этихъ продуктовъ или же распредѣлилось по всѣмъ нимъ, а если имѣеть мѣсто последнее, то въ какой пропорціи произошло это распредѣленіе. Такимъ образомъ получаютъ данныя, которые до нѣкоторой степени можно сравнивать съ данными спектральнаго анализа. Для полученія сравниваемыхъ чиселъ надо измѣрять активность веществъ въ твердомъ состояніи, и притомъ хорошо высушенныхъ.

*Полоній, радій и актиній.*—Анализъ смоляной обманки по только что описанному методу привелъ насъ къ мысли о существованіи въ этомъ минералѣ двухъ сильно радиоактивныхъ веществъ, химически различныхъ между собою: полонія, найденнаго однимъ нами, и радія, открытаго нами совместно съ Бемономъ <sup>1</sup>.

*Полоній* есть вещество, сопутствующее съ аналитической точки зрѣнія висмуту и сопровождающее его во всѣхъ его выдѣленіяхъ. Бо-

<sup>1</sup> P. Curie et M-me Curie, *Comptes rendus*, июль 1898 г.—  
P. Curie, M-me Curie et G. Bémont, *Comptes rendus*, декабрь 1898 г.

лѣе или менѣе богатый полоніемъ висмутъ получается съ помощью одного изъ слѣдующихъ процессовъ фракціонированія:

1) возгонки сѣрнистыхъ соединенийъ въ пустотѣ: активное сѣрнистое соединеніе болѣе летуче, чѣмъ сѣрнистый висмутъ;

2) осажденія азотнокислыхъ растворовъ водою: осажденныя азотистыя соединенія гораздо болѣе активны, чѣмъ соль, остающаяся въ маточномъ растворѣ;

3) осажденія крайне кислаго хлористоводороднаго соединенія сѣрководородомъ: осажденныя сѣрнистыя соединенія значительно активнѣе соли, остающейся въ маточномъ растворѣ.

*Радій* есть вещество, сопутствующее извлеченному изъ смоляной обманки барію; онъ слѣдуетъ за послѣднимъ во всѣхъ его реакціяхъ и отдѣляется вълѣдствіе различной растворимости хлористыхъ соединенийъ въ алкоголизированной водѣ или въ водѣ, подкисленной соляною кислотою. Отдѣленіе хлористыхъ барія и радія мы производимъ, подвергая смѣсь ихъ фракціонированной кристаллизаціи, такъ какъ хлористый радій растворяется хуже хлористаго барія.

Дебьернъ <sup>1</sup> нашелъ въ смоляной обманкѣ третье сильно радиоактивное вещество, названное имъ *активіемъ*. Этотъ послѣдній сопутствуетъ содержащемуся въ смоляной обманкѣ нѣкоторымъ тѣламъ желѣзной группы. Онъ сопутствуетъ, повидимому, торію, отъ котораго еще нельзя было отдѣлить его. Извлеченіе изъ смоляной обманки активія принадлежитъ къ очень труднымъ операціямъ, такъ какъ отдѣленія вообще неполны.

Всѣ три новыя радиоактивныя вещества находятся въ смоляной обманкѣ въ абсолютно безконечно-малыхъ количествахъ. Для полученія ихъ въ концентрированномъ состояніи мы должны были обрабатывать нѣсколько тоннъ урановыхъ минераловъ. Грубая обработка производится на заводѣ; затѣмъ слѣдуетъ очистка и концентрація. Такимъ путемъ мы приходимъ къ извлеченію изъ этихъ тысячъ килограммовъ породы—нѣсколькихъ дециграммовъ препаратовъ, чрезвычайно радиоактивныхъ по сравненію съ производящимъ ихъ минераломъ. Вполнѣ ясно, что вся эта работа очень продолжительна, трудна и дорога <sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Debierne, Comptes rendus, октябрь 1899 г. и апрѣль 1900 г.

<sup>2</sup> Мы очень обязаны всѣмъ, помогавшимъ намъ въ этой работѣ. Приниму искреннѣйшую нашу благодарность гг. Маскару и Мишелю Леви за ихъ любезную помощь. По любезному предложенію профессора Зюсса, австрійское правительство предоставило въ наше распоряженіе первую тонну обработанной руды (обработка производилась на правительственномъ заводѣ въ Йоахимсталѣ, въ Чехіи). Парижская академія наукъ, Общество содѣйствія національной промышленности и о. и. п. неизвѣст-

Вслѣдъ за нашей работой, были найдены и другія новыя радіоактивныя вещества. Съ одной стороны Гизель, а съ другой Гофманъ и Штраусъ пришли къ мысли о вѣроятномъ существованіи радіоактивнаго вещества, близкаго по химическимъ свойствамъ къ свинцу. Пока относительно этого вещества данныхъ имѣется еще немного <sup>1</sup>.

До сихъ поръ изъ всѣхъ новыхъ радіоактивныхъ веществъ одинъ только радій былъ выдѣленъ въ видѣ чистой соли.

*Спектръ радія.*—Дѣломъ первой важности было проконтролировать всѣми возможными средствами гипотезу о существованіи новыхъ радіоактивныхъ элементовъ. Что касается радія, то относительно его спектральный анализъ подтвердилъ эту гипотезу какъ нельзя лучше.

Демарсе взялъ на себя трудъ изслѣдовать новыя радіоактивныя вещества съ помощью неоспоримыхъ процессовъ, употребляемыхъ имъ при изученіи фотографируемыхъ спектровъ искры.

Компетентность этого ученаго очень помогла намъ, и мы приносимъ ему свою глубокую благодарность за то, что онъ согласился сдѣлать эту работу. Результаты спектральнаго анализа дали намъ увѣренность въ томъ, въ чемъ мы еще нѣсколько сомнѣвались <sup>2</sup>.

Первые изслѣдованные Демарсеемъ образцы хлористаго радіеноснаго барія дали ему вмѣстѣ съ линіями барія одну новую линію въ ультрафіолетовомъ спектрѣ значительной интенсивности и длины волны  $\lambda = 381,47$   $\mu$ . Съ приготовленными потомъ болѣе активными препаратами Демарсе получилъ усиленіе линіи съ длиною волны въ 381,41  $\mu$ : въ то же время показались другія новыя линіи, причемъ интенсивности новыхъ линій и линій барія были

нѣкоторый жертвователю предоставили намъ средства для обработки нѣкотораго количества продукта. Нашъ другъ г. Дебьеръ организовалъ обработку минерала, производившагося на заводѣ Центрального общества изготовленія химическихъ продуктовъ. Это Общество согласилось обрабатывать минералы безвозмездно. Возмъ имъ большое и глубокое наше спасибо. Недавно Французскій Институтъ предоставилъ въ наше распоряженіе 20.000 франковъ на добычу радіоактивныхъ веществъ. На эти деньги мы могли обработать 5 тоннъ минерала.

<sup>1</sup> Giesel, Ber. deutsch. chem. Gesell., т. XXXIV, 1901 г., стр. 3775.—Hoffmann u. Strauss, Ber. deutsch. chem. Gesell., т. XXXIII, 1900 г., стр. 3126.

<sup>2</sup> Совсѣмъ недавно мы узнали о смерти этого замѣчательнаго ученаго въ то время, когда онъ занимался прекрасными изслѣдованіями рѣдкихъ земель и спектроскопией, давая методы, поражающіе своею точностью и совершенствомъ. Мы никогда не забудемъ той обязательности, съ которою онъ взялъ на себя часть нашей работы.

воплѣ счислимы между собою. Новая концентрація дала препаратъ съ новымъ спектромъ, а три наиболѣе сильныя линіи барія, которыя только и видны, показываютъ, что металлъ этотъ имѣется лишь въ видѣ примѣси. Этотъ препаратъ можно разсматривать, какъ почти чистый хлористый радій. Съ помощью новой очистки мнѣ удалось наконецъ получить чрезвычайно чистое хлористое соединеніе, въ спектрѣ котораго едва видны были двѣ наиболѣе интенсивныя линіи барія.

Вотъ перечень главнѣйшихъ линій радія, содержащихся, по мнѣнію Демарсе <sup>1</sup>, въ части спектра между  $\lambda = 500,0$  и  $\lambda = 350,0$  тысячныхъ микрона ( $\mu$ ). Интенсивность каждой линіи означена особымъ числомъ, причеиъ для наиболѣе сильной линіи число это равно 16:

$\lambda$	Интенсивность	$\lambda$	Интенсивность
482,63 . . . .	10	453,35 . . . .	9
472,69 . . . .	5	443,61 . . . .	8
469,98 . . . .	3	434,06 . . . .	12
469,21 . . . .	7	381,47 . . . .	16
468,30 . . . .	14	364,96 . . . .	12
464,19 . . . .	4		

Всѣ эти линіи не сильны и узки, интенсивны только три линіи: 381,47; 434,06 и 364,96. По интенсивности онѣ одинаковы съ наиболѣе сильными извѣстными до сихъ поръ линіями. Въ спектрѣ можно видѣть также и двѣ туманности. Первая изъ нихъ идетъ отъ 463,10 до 462,19 и имѣетъ максимумъ въ 462,75. Вторая же, болѣе интенсивная, ближе къ ультра-фіолетовой части: она начинается у 446,37, а черезъ максимумъ проходитъ въ 445,52; область максимума тянется до 445,34, а затѣмъ туманность, постепенно уменьшаясь въ интенсивности, доходитъ до 439.

Въ наименѣе преломляемой не фотографирующей части спектра искры извѣстна только одна линія въ 566,5 (приблизительно), причеиъ она гораздо слабѣе линіи 482,63.

Общій видъ спектра одинаковъ со спектромъ щелочно-земельныхъ металловъ; извѣстно, что спектры этихъ послѣднихъ имѣютъ интенсивныя линіи съ нѣсколькими растянутыми туманностями.

По Демарсе, радій находится въ числѣ тѣлъ, имѣющихъ наиболѣе чувствительную спектральную реакцію. Благодаря своей работѣ съ концентрированіемъ я имѣла основаніе придти къ заклю-

<sup>1</sup> Demarçay. Comptes rendus, декабрь 1898 г., ноябрь 1899 г. и июль 1900 г.



ченію, что въ первомъ изслѣдовавшемся препаратѣ, прекрасно показывавшемъ линію 381,47, радія было очень немного (приблизительно  $0,02\%$ ). Однако, чтобы ясно замѣтить на фотографіи спектра главную линію радія, нужна активность, въ 50 разъ бѣльшая активности металлическаго урана. Съ помощью чувствительнаго электрометра можно обнаружить радиоактивность вещества, если она составляетъ только  $\frac{1}{100}$  радиоактивности металлическаго урана. Отсюда видно, что для обнаруженія присутствія радія радиоактивность является свойствомъ, въ нѣсколько тысячъ разъ бѣлье чувствительнымъ, чѣмъ спектральная реакція.

Изслѣдованные Демарсе очень активныя висмутъ съ полоніемъ и торій съ актиніемъ дали пока только линіи висмута и торія.

Въ недавно появившейся статьѣ<sup>1</sup> Гизель, занимающійся изготовленіемъ радія, говоритъ, что бромистый радій придастъ пламени карминовую окраску. Спектръ пламени радія содержитъ въ себѣ двѣ красныя туманности, одну линію въ голубовато-зеленой и двѣ линіи въ фіолетовой частяхъ спектра.

*Полученіе новыхъ радиоактивныхъ веществъ.*—Первая часть этой операціи состоитъ въ извлеченіи изъ урановыхъ минераловъ радіеноснаго барія, полоніеноснаго висмута и рѣдкихъ земель, содержащихъ актиній. Когда получены эти три первые продукта, тогда начинаютъ выдѣлять изъ каждаго изъ нихъ новое радиоактивное вещество. Эта вторая часть работы производится путемъ послѣдовательныхъ фракціонировокъ. Какъ извѣстно, очень трудно найти способъ совершеннаго отдѣленія другъ отъ друга очень близкихъ между собою элементовъ; наилучшій результатъ даютъ методы фракціонированія. Впрочемъ, если одинъ элементъ находится въ смѣси съ другимъ въ видѣ слѣдовъ, то къ такой смѣси нельзя примѣнять метода совершенно полнаго отдѣленія, такъ какъ при такихъ условіяхъ могутъ затеряться слѣды вещества, которые отдѣлились бы при этой операціи.

Я занималась главнымъ образомъ выдѣленіемъ радія и полонія. Проработавъ нѣсколько лѣтъ, я могла получить только первое изъ этихъ тѣлъ.

Такъ какъ смоляная обманка очень дорога, то мы отказались отъ обработки большихъ количествъ ея. Въ Европѣ добываніе этого минерала производится въ Іоакимсталъскихъ рудникахъ, въ Чехіи. Растертый минералъ прокаливается въ смѣси съ углекислымъ натріемъ, а получившееся вещество выщелачивается сперва водою, а

<sup>1</sup> Giesel, Phys. Zeitschrift, 15 септѣбря 1902 г.

затѣмъ разбавленной сѣрной кислотой. Растворъ содержитъ тотъ уранъ, который дѣлаетъ смоляную обманку очень цѣнной. Нерастворимый осадокъ подвергается новой обработкѣ.

Этотъ осадокъ содержитъ радиоактивные вещества; его активность въ  $4\frac{1}{2}$  раза больше активности металлическаго урана. Австрійское правительство, которому принадлежитъ рудникъ, весьма любезно предоставило намъ для нашихъ изслѣдованій одну тонну такого остатка и распорядилось, чтобы намъ было выдано еще нѣсколько новыхъ тоннъ этого вещества.

Первую обработку руды на заводѣ было далеко не такъ легко произвести, какъ въ лабораторіи, если примѣнять къ ней одинъ и тотъ же въ обонхъ случаяхъ методъ. Дебіерну очень хотѣлось изучить этотъ вопросъ и организовать обработку заводскимъ путемъ. Наиболѣе существенную часть указаннаго имъ метода представляетъ переводъ сѣрнокислыхъ соединений въ углекислыя продолжительнымъ кипяченіемъ вещества съ концентрированнымъ растворомъ углекислаго натрія. Этотъ процессъ даетъ возможность избѣжать плавленія съ углекислымъ натріемъ.

Остатокъ содержитъ главнымъ образомъ сѣрнокислыя соединенія свинца и кальція, кремнеземъ, глиноземъ и окись желѣза. Кромѣ того, въ немъ имѣются въ большемъ или меньшемъ количествѣ почти все металлы (мѣдь, висмутъ, цинкъ, кобальтъ, марганецъ, никкель, ванадій, сурьма, таллій, рѣдкія земли, ніобій, танталъ, мышьякъ, барій и пр.). Радій находится въ этой смѣси въ видѣ сѣрнокислаго соединенія и изъ всѣхъ такихъ соединеній является наименѣе растворимымъ. Для полученія его въ растворѣ надо удалить, насколько это возможно, сѣрную кислоту, для чего остатокъ начинаютъ обрабатывать кипящимъ концентрированнымъ растворомъ обыкновенной соды. Сѣрная кислота, находившаяся въ соединеніи со свинцомъ, алюминіемъ и кальціемъ, переходитъ въ значительномъ количествѣ въ растворъ въ видѣ сѣрнокислаго натрія, который удаляется посредствомъ промыванія водою. Щелочной растворъ удаляетъ въ то же время свинецъ, кремній и алюминій. На нерастворимую, промытую водою часть дѣйствуютъ обыкновенною соляною кислотой. Эта операція совершенно раздѣляетъ вещества и переводитъ большую часть ихъ въ растворъ. Изъ послѣдняго можно удалить полоній и актиній: первый осаждается сѣрководородомъ, а второй содержится въ гидратахъ, осажденныхъ амміакомъ въ отдѣленномъ растворѣ сѣрнистыхъ соединеній. Что же касается радія, то оно остается въ нерастворимой части. Эта послѣдняя промывается водою, а затѣмъ обрабатывается кипящимъ концентрирован-

нымъ растворомъ углекислаго натрія. Если еще осталось немного сѣрнокислыхъ соединеній, то сѣрнокислые барій и радій надо совершенно перевести въ углекислые. Въ такомъ случаѣ вещество промываютъ возможно лучше водою, а затѣмъ дѣйствуютъ на него разбавленною соляною кислотою, свободною отъ сѣрной кислоты. Растворъ содержитъ радій, а также полоній и актиній. Это фильтруютъ и осаждаютъ сѣрною кислотою. Такимъ образомъ получаютъ неочищенные сѣрнокислые соединенія радіоноснаго барія, содержація также кальцій, свинецъ и желѣзо; имѣется въ нихъ также и немного актинія. Въ растворѣ содержатся небольшія количества актинія и полонія, которые можно удалить оттуда также, какъ и изъ перваго солянокислаго раствора.

Изъ тонны руды получается 10—20 кгр. нечистыхъ сѣрнокислыхъ соединеній, активность которыхъ разъ въ 30—60 больше активности металлическаго урана. Тогда приступаютъ къ ихъ очисткѣ. Для этого ихъ кипятятъ съ углекислымъ натріемъ и переводятъ въ хлористыя соединенія. Растворъ обрабатывается сѣрководородомъ, каковой процессъ даетъ небольшое количество активныхъ сѣрнистыхъ соединеній, содержащихъ полоній. Растворъ фильтруютъ, затѣмъ дѣйствуютъ на него хлоромъ для высшей степени окисленія и осаждаютъ чистымъ амміакомъ.

Осажденные окиси и гидраты очень активны, причемъ активность эта обязана актинію. Профильтрованный растворъ осаждается углекислымъ натріемъ. Углекислые соединенія щелочно-земельныхъ металловъ по осажденіи промываются и переводятся въ хлористыя соединенія. Эти послѣднія досуха выпариваются и промываются чистой концентрированной соляной кислотою. Хлористый кальцій растворяется почти цѣлкомъ, тогда какъ хлористый радіоносный барій остается въ нерастворимомъ видѣ. Такимъ образомъ изъ тонны взятаго первоначально вещества получается около 8 кгр. хлористаго радіоноснаго барія, активность котораго разъ въ 60 больше активности металлическаго урана. Это хлористое соединеніе можно еще разъ подвергнуть фракціонированію.

*Полоній.*—Выше было уже сказано, что, пропуская сѣрководородъ черезъ различные, полученные во время обработки минерала, хлористоводородные растворы, можно осадить активныя сѣрнистыя соединенія, активность которыхъ обуславливается актиніемъ.

Въ этихъ сѣрнистыхъ соединеніяхъ содержится главнымъ образомъ висмутъ, а также имѣются въ нихъ и небольшія количества мѣди и свинца; послѣдняго металла находится не очень много, потому что онъ большею частью былъ удаленъ растворомъ углекис-

лаго натрія, и потому что хлористое его соединеніе мало растворимо. Сурьма и мышьякъ находятся въ окислахъ въ минимальномъ количествѣ, такъ какъ ихъ окиси растворяются въ углекисломъ натріѣ. Для полученія очень активныхъ сѣрнистыхъ соединеній употреблялся слѣдующій приѣмъ: сильно кислые хлористоводородные растворы осаждались сѣрководородомъ; въ этихъ условіяхъ осаждаются въ высшей степени активныя сѣрнистыя соединенія, которыя употребляются для полученія полонія; въ растворѣ остаются вещества, которыя въ присутствіи избытка соляной кислоты осаждаются не цѣликомъ (висмутъ, свинецъ, сурьма). Для окончательнаго осажденія растворъ разбавляютъ водою, снова обрабатываютъ сѣрководородомъ и получаютъ вторую порцію гораздо менѣе активныхъ, чѣмъ въ первой, сѣрнистыхъ соединеній, которыя вообще отбрасываются. Для дальнѣйшей очистки сѣрнистыхъ соединеній, ихъ промываютъ сѣрнистымъ аммоніемъ, благодаря чему исчезаютъ послѣдніе слѣды сурьмы и мышьяка. Потомъ ихъ промываютъ водою, къ которой добавлено азотнокислаго аммонія, и обрабатываютъ разбавленной азотной кислотой.

Раствореніе никогда не бываетъ полнымъ; всегда получается болѣе или менѣе значительный нерастворимый осадокъ, который, если это нужно, снова подвергаютъ обработкѣ. Раствора берутъ немного и осаждаютъ его то амміакомъ, то большимъ количествомъ воды. Въ обоихъ случаяхъ въ растворѣ остаются мѣдь и свинецъ, а во второмъ случаѣ въ немъ остается также немного едва активнаго висмута.

Осадокъ окисей и азотистыхъ соединеній подвергается слѣдующей фракціонировкѣ: онъ растворяется въ азотной кислотѣ, а затѣмъ къ этому раствору добавляютъ воды до тѣхъ поръ, пока не образуется достаточнаго количества осадка; при этомъ слѣдуетъ принять во вниманіе, что иногда осадокъ получается только по истеченіи нѣкотораго времени. Осадокъ отдѣляется отъ жидкости, въ которой получился, и снова растворяется въ азотной кислотѣ; затѣмъ растворъ опять осаждается водою, и такъ далѣе. Такимъ образомъ получается очень небольшое количество вещества, котораго активность громадна, но которое до сихъ поръ давало, тѣмъ не менѣе, въ спектроскопѣ только висмутовые линіи.

Къ несчастью, очень мало шансовъ довести такимъ путемъ отдѣленіе полонія до конца. Только что описанный методъ фракціонированія представляетъ громадныя затрудненія, а потому его и замѣняютъ даже иногда другими процессами фракціонированія закрытымъ путемъ. Какой бы процессъ ни употреблялся, всегда полу-

чаются соединенія, абсолютно нерастворимыя ни въ разбавленныхъ, ни въ концентрированныхъ кислотахъ. Соединенія эти можно растворить снова, только перевести ихъ предварительно въ металлургическое состояніе, хотя бы, наиримѣръ, сплавленіемъ съ цинистымъ калиемъ.

Громадное затрудненіе для процесса фракціонированія состоитъ во множествѣ операций. Это неудобство тѣмъ больше, что полоній представляетъ собою вещество, активность котораго уменьшается, разъ оно извлечено изъ смоляной обманки.

Впрочемъ, такое пониженіе активности очень медленно; такъ, образецъ азотнокислаго, содержащаго полоній, висмута потерялъ половину своей активности въ одиннадцать мѣсяцевъ.

Для радія нѣтъ подобнаго затрудненія; его радиоактивность всегда идетъ слѣдомъ за концентраціей; концентрація же эта не представляетъ никакихъ затрудненій, а самый ходъ работы всегда можно контролировать помощью спектральнаго анализа.

Когда стали извѣстны явленія индуктированной радиоактивности, о которыхъ рѣчь будетъ впереди, то показалось естественнымъ предположить, что полоній, дающій только висмутовые линіи и имѣющій активность, уменьшающуюся съ теченіемъ времени, не есть новый элементъ, но представляетъ собою висмутъ, сдѣлавшійся активнымъ благодаря близости радія въ смоляной обманкѣ. Я не думаю, чтобы этотъ взглядъ былъ правиленъ. Во время моей продолжительной работы съ полоніемъ и не разъ констатировала нѣкоторыя химическія явленія, никогда не наблюдавшіяся мною ни въ обыкновенномъ висмутѣ, ни въ висмутѣ, активномъ благодаря соедѣству радія. Эти химическія явленія суть слѣдующія: во первыхъ, чрезвычайно легкое образованіе нерастворимыхъ соединеній, о которыхъ я говорила выше (главнымъ образомъ азотистыхъ), а во вторыхъ, цвѣтъ и виѣшній видъ осадковъ, получающихся при прибавленіи воды къ азотнокислому раствору полоніеносаго висмута. Осадки эти иногда бѣлые, но большею частью болѣе или менѣе ярко-желтые, почти оранжевые.

Отсутствіе какихъ либо иныхъ линій, кромѣ висмутовыхъ, совершенно не доказываетъ, что вещество содержитъ только висмутъ, такъ какъ существуютъ тѣла, имѣющія очень слабую спектральную реакцію.

Нужно было бы приготовить небольшое количество полоніеносаго висмута въ состояніи возможно большей концентраціи и подвергнуть его химическому изученію; прежде всего надо опредѣлить атомный вѣсъ металла. Это изслѣдованіе не могло быть сдѣ-

лаво вслѣдствіе громаднѣхъ, указанныхъ выше, затрудненій, сопряженныхъ съ химической обработкой.

Еслибы было доказано, что полоній—новый элементъ, то не было бы менѣе вѣроятнымъ, что этотъ элементъ не можетъ существовать въ сильно радиоактивномъ состояніи, по крайней мѣрѣ, если онъ извлеченъ изъ минерала. Такимъ образомъ вопросъ этотъ можно разсматривать двояко: 1) или вся активность полонія обуславливается радиоактивностью, индуцируемою соедѣствомъ другихъ радиоактивныхъ веществъ; въ такомъ случаѣ полоній обладалъ бы способностью дѣлаться активнымъ атомистически на продолжительное время, каковой способности, повидимому, нѣтъ ни у одного вещества; 2) или же активность полонія есть активность особаго рода, которая при нѣкоторыхъ условіяхъ пропадаетъ сама собою, а въ другихъ, имѣющихся въ минералѣ, можетъ существовать. Явленіе атомнаго активированія при соприкосновеніи еще такъ мало извѣстно, что на немъ нельзя основываться для составленія себѣ мнѣнія объ этомъ вопросѣ.

Въ самое послѣднее время появилась работа о полоніи Марквальда<sup>1</sup>. Послѣдній погружаетъ палочку изъ чистаго висмута въ растворъ висмута же, извлеченнаго изъ смоляной обманки. По истеченіи нѣкотораго времени палочка покрывается очень активнымъ слоемъ, а въ растворѣ имѣется только неактивный висмутъ. Въ высшей степени активный осадочный слой Марквальдъ получаетъ также, прибавляя въ хлористоводородному раствору радиоактивнаго висмута хлористаго олова. Отсюда Марквальдъ приходитъ къ заключенію, что активный элементъ—аналогъ теллура, и называетъ его радіотеллуромъ. Активное вещество Марквальда, повидимому, тождественно съ полоніемъ какъ по своему происхожденію, такъ и по сильно поглощаемымъ лучамъ, которые оно испускаетъ. Поэтому, при современномъ положеніи вопроса, новое для этого вещества названіе, вѣроятно, бесполезно.

*Полученіе чистаго хлористаго радія.*—Процессъ, примѣнявшійся мною для извлеченія изъ хлористаго радіеноснаго барія чистаго хлористаго радія, состоитъ въ слѣдующемъ:

Смѣсь хлористыхъ соединеній подвергаютъ фракціонированной кристаллизаціи сначала въ чистой водѣ, а затѣмъ въ водѣ, разбавленной чистою соляною кислотою. Такимъ путемъ утилизируется различная растворимость хлористыхъ радія (менѣе растворимаго) и барія (болѣе растворимаго).

Сперва для фракціонированія пользуются чистою дистиллированной водою. Въ ней растворяютъ хлористыя соединенія, а затѣмъ доводятъ этотъ растворъ до состоянія насыщенія при температурѣ кипѣнія, послѣ чего подвергаютъ кристаллизаціи, охлаждая въ

<sup>1</sup> Berichte d. deutsch. chem. Gesell., июнь 1902 г. и декабрь 1902 г.

закрытомъ сосудѣ. На днѣ послѣдняго образуются очень красивыя кристаллы, а насыщенный растворъ легко можно слить. Выпаривъ этотъ растворъ досуха, можно видѣть, что получившееся хлористое соединеніе разъ въ пять менѣе активно, чѣмъ то, которое выкристаллизовалось. Такимъ образомъ хлористыя соединенія раздѣлились на двѣ части А и В, причемъ А гораздо болѣе активна, чѣмъ В. Каждое изъ соединеній А и В подвергаютъ той же операціи и изъ каждаго изъ нихъ получаютъ по двѣ новыхъ порціи. По окончаніи кристаллизаціи соединяютъ вмѣстѣ наименѣе активную фракцію А и наиболѣе активную фракцію В, причемъ активность обонхъ этихъ веществъ почти совершенно одинакова. Тогда имѣются уже три порціи, которыя снова подвергаются такой же обработкѣ.

Не слѣдуетъ увеличивать число отдѣльныхъ порцій, такъ какъ, по мѣрѣ увеличенія его, активность наиболѣе растворимой порціи становится все меньше и меньше. Когда получится такая порція, активность которой незначительна, фракціонированіе прекращается. Когда получено желаемое число порцій, тогда прекращаютъ фракціонированіе и наименѣе растворимой порціи (наиболѣе богатой радіемъ).

Оперируютъ постоянно съ однимъ и тѣмъ же числомъ порцій. Послѣ каждаго ряда операцій насыщенный растворъ одной порціи выливается на кристаллы изъ слѣдующей. Но если, послѣ нѣкотораго ряда операцій, исключить наиболѣе растворимую фракцію, то послѣ слѣдующаго ряда надо, наоборотъ, соединить новую порцію съ наиболѣе растворимой фракціей, а исключать кристаллы, составляющіе наиболѣе активную порцію. Благодаря такому послѣдовательному чередованію этихъ двухъ родовъ операцій получается очень правильный механизмъ фракціонированія, въ которомъ какъ число порцій, такъ и активность каждой изъ нихъ все время остаются постоянными, причемъ каждая порція разъ въ пять активнѣе слѣдующей. При такомъ фракціонированіи, съ одной стороны, почти совершенно удаляется не-активный продуктъ, а съ другой — собирается хлористое соединеніе, богатое радіемъ. Количество содержащагося въ каждой порціи вещества все время уменьшается, а различныя порціи содержатъ тѣмъ менѣе вещества, чѣмъ онѣ болѣе активны.

Вначалѣ мы оперировали съ шестью порціями, причемъ наименьшая активность хлористыхъ соединеній равнялась только 0,1 активности урана.

Когда мы такимъ образомъ удалили болѣшую часть не-активнаго

вещества и порціи стали небольшими, то уже нѣтъ разчета продолжать удаленіе его при столь слабой активности. Фракціонированіе продолжают до тѣхъ поръ, пока не станутъ получаться кристаллы чистаго хлористаго радія. Если фракціонированіе производится полно и хорошо, то всѣ промежуточные продукты получаютъ въ очень незначительныхъ количествахъ.

Когда фракціонированіе сильно подвинулось впередъ, и количество содержащагося въ каждой порціи хлористаго соединенія стало незначительнымъ, отдѣленіе кристаллизаціей дѣлается менѣе дѣйствительнымъ, такъ какъ охлажденіе идетъ слишкомъ быстро, а объемъ сливаемаго раствора становится слишкомъ малымъ. Тогда не мѣшаетъ добавить къ водѣ нѣкоторое количество соляной кислоты, пропорцію которой надо все увеличивать и увеличивать по мѣрѣ того, какъ операція послѣдовательныхъ фракціонировокъ идетъ дальше и дальше.

Добавленіе соляной кислоты выгодно, потому что увеличиваетъ количество раствора, такъ какъ въ чистой водѣ хлористыя соединенія растворяются лучше, чѣмъ въ подкисленной соляною кислотою. Болѣе того, въ такомъ случаѣ фракціонированіе въ высшей степени дѣйствительно; различіе между двумя фракціями, полученными изъ одного и того же продукта, значительно. Выгодно пользоваться водою, сильно подкисленной соляною кислотою, когда вещества стало такъ мало, что съ нимъ нельзя удобно оперировать.

Кристаллы, образующіеся въ очень кисломъ растворѣ, имѣютъ форму сильно удлиненныхъ иголокъ, видъ которыхъ абсолютно одинаковъ какъ для хлористаго барія, такъ и для хлористаго радія. И тѣ, и другіе—двупреломляющіе. Кристаллы хлористаго радіеонаго барія безцвѣтны, но когда въ нихъ содержится достаточное количество радія, они пріобрѣтаютъ спустя нѣсколько часовъ желтую окраску, переходящую затѣмъ въ оравжевый, а иногда и въ красивый розовый оттѣнокъ. При раствореніи эта окраска исчезаетъ. Кристаллы чистаго хлористаго радія не имѣютъ такой окраски или, по крайней мѣрѣ, пріобрѣтаютъ ее не такъ скоро, такъ что окраска обязана, повидимому, одновременному присутствію радія и барія. Максимумъ окраски получается при опредѣленномъ количествѣ радія, такъ что, основываясь на этомъ свойствѣ, можно контролировать, насколько успѣшно идетъ фракціонированіе. Пока наиболѣе активная порція окрашена, она содержитъ значительное количество барія; когда же она болѣе не окрашивается, а слѣдующія порціи окрашены, это значитъ, что первая состоитъ изъ чистаго хлористаго радія.



Однажды я замѣтила образованіе болѣе сложнаго слоя кристалловъ, одни изъ которыхъ были безцвѣтны, а другіе — окрашены. Базалось, что можно рассортировать безцвѣтные кристаллы отъ окрашенныхъ, чего, однако, и не пробовала дѣлать.

Подъ конецъ фракціонированія активность послѣдовательныхъ порцій далеко не такъ правильна, какъ въ началѣ; однако, во всякомъ случаѣ, фракціонированіе не представляетъ серьезныхъ затрудненій.

Фракціонированное осажденіе воднаго раствора хлористаго радіеноснаго барія алкоголемъ также приводитъ къ выдѣленію хлористаго радія, который осаждается первымъ. Этимъ методомъ я пользовалась въ началѣ своихъ опытовъ, но затѣмъ замѣнила его тѣмъ, о которомъ только что шла рѣчь и который представляетъ гораздо больше удобства. Иногда для очистки хлористаго радія, содержащаго небольшое количество хлористаго барія, я пользовалась и осажденіемъ алкоголемъ. Хлористый радій остается въ водномъ, слегка алкоголизированномъ растворѣ и такимъ образомъ можетъ быть выдѣленъ.

Гизель, занимавшійся по напечатаніи нашихъ изслѣдованій приготовленіемъ радіоактивныхъ тѣлъ, рекомендуетъ отдѣленіе барія отъ радія фракціонированной кристаллизацией въ водѣ смѣси бромистыхъ соединений. Этотъ процессъ я нашла дѣйствительно весьма удобнымъ, особенно же въ началѣ фракціонированія.

Какимъ бы процессомъ ни пользоваться для фракціонированія, всегда полезно контролировать его измѣреніями активности.

Слѣдуетъ замѣтить, что остающееся въ маточномъ растворѣ соединеніе радія, по переведеніи его въ твердое состояніе, осажденіемъ ли или кристаллизацией, сперва обладаетъ тѣмъ меньшею активностью, чѣмъ долѣе оно пребыло въ растворѣ. Потомъ активность увеличивается и по истеченіи нѣсколькихъ мѣсяцевъ достигаетъ нѣкотораго опредѣленнаго, всегда одного и того же, предѣла. Конечная активность разъ въ пять-шесть больше начальной. Эти измѣненія, къ которымъ я вернусь ниже, надо при измѣреніи активности принимать во вниманіе. Хотя лучше опредѣлена конечная активность, однако практичнѣе во время химической обработки измѣрять и начальную активность твердаго препарата.

Активность сильно радіоактивныхъ веществъ — совершенно иного порядка, чѣмъ активность минерала, изъ котораго эти вещества получаются (первая въ  $10^6$  разъ больше послѣдней). При измѣреніи этой радіоактивности по методу, положенному въ началѣ настоящей работы (см. рис. 1), нагрузку кварцевой пластинки нельзя

увеличивать выше нѣкотораго предѣла. Максимальная нагрузка въ нашихъ опытахъ равнялась 4.000 гр., соответствуя количеству электричества въ 25 электростатическихъ единицъ. Пользуясь для активнаго вещества всегда одною и тою же поверхностью, мы можемъ измѣрять активности, варьирующія въ отношеніи 1 къ 4.000. Для увеличенія предѣловъ измѣреній мы измѣняемъ эту поверхность въ извѣстномъ отношеніи. Тогда активное вещество занимаетъ на пластинѣ В центральную круговую зону опредѣленнаго радіуса. Если активность при такихъ условіяхъ не вполне пропорціональна поверхности, то опредѣляются экспериментальнымъ путемъ коэффициенты, дающіе возможность сравнивать активности на неравной активной поверхности.

Когда же будетъ нечерпаны и этотъ ресурсъ, тогда надо обратиться къ употребленію поглощающихъ экрановъ и къ другимъ эквивалентнымъ процессамъ, на которые я не буду здѣсь указывать. Однако для производства изслѣдованій вполне достаточно всѣхъ этихъ болѣе или менѣе несовершенныхъ процессовъ.

Мы измѣрили также токъ, проходившій черезъ конденсаторъ, включенный въ цѣпь, составленную изъ нѣсколькихъ аккумуляторовъ и чувствительнаго гальванометра. Необходимость болѣе или менѣе частой провѣрки чувствительности гальванометра нѣсколько затрудняла намъ примѣненіе этого метода къ текущимъ измѣреніямъ.

*Опредѣленіе атомнаго вѣса радія*<sup>1</sup>. — Во время своей работы я по нѣскольку разъ опредѣляла атомный вѣсъ металла, содержащагося въ образцахъ хлористаго радіеноснаго барія. При каждой обработкѣ новой порціи хлористаго радіеноснаго барія я увеличивала, насколько это было возможно, концентрацію, дабы вся активность смѣси находилась въ 0,1 — 0,5 гр. вещества. Изъ этого небольшого количества вещества я осаждала спиртомъ или соляною кислотой нѣсколько миллиграммовъ хлористаго соединенія, предназначающагося для спектральнаго анализа.

Благодаря превосходному методу Демарсе, ему нужно было для фотографированія спектра пекры всего лишь это минимальное количество вещества. Съ оставшимся у меня препаратомъ я производила опредѣленіе атомнаго вѣса.

Я пользовалась классическимъ методомъ, состоящимъ въ измѣреніи хлора, содержащагося въ опредѣленномъ вѣсовомъ количествѣ хлористаго ангидрида, причемъ этотъ хлоръ находился въ видѣ

<sup>1</sup> M-me Curie. Comptes rendus, 13 ноября 1899 г., августъ 1900 г. и 21 іюля 1902 г.

хлористаго серебра. Для контроля и опредѣляла атомный вѣсъ барія, дѣлая это опредѣленіе по тому же методу, въ тѣхъ же условіяхъ и съ тѣмъ же количествомъ вещества, сперва съ 0,5 гр., а затѣмъ всего лишь съ 0,1 гр. Находимыя мною числа всегда заключались въ предѣлахъ отъ 137 до 138. Такимъ образомъ и убѣдилась, что этотъ методъ даетъ удовлетворительные результаты даже при столь незначительномъ количествѣ вещества.

Два первыя опредѣленія были сдѣланы съ хлористыми соединеніями, одно изъ которыхъ было въ 230, а другое—въ 600 разъ активнѣе урана. Эти два опыта дали, въ предѣлахъ точности измереній, то же самое число, какое было дано и опытомъ съ чистымъ хлористымъ баріемъ. Нѣсколько иное число можно было надѣяться получить только при употребленіи гораздо болѣе активного препарата. Слѣдующій опытъ былъ сдѣланъ съ хлористымъ соединеніемъ, активность котораго была, приблизительно, въ 3.500 разъ больше активности урана; этотъ опытъ далъ возможность съ перваго же раза обнаружить, хоть и небольшую, но все же замѣтную разницу въ атомномъ вѣсѣ; я нашла для среднего атомнаго вѣса содержащагося въ атомъ хлористомъ соединеніи металла число 140, показывавшее, что атомный вѣсъ радія долженъ быть больше атомнаго вѣса барія. Пользуясь все болѣе и болѣе активными продуктами, которые давали спектр радія все съ болѣею и болѣею интенсивностью, я нашла, что получающіяся числа также все время возрастаютъ, какъ это можно видѣть изъ помѣщенной ниже таблицы (*A* есть активность хлористаго соединенія, причемъ активность урана считается за единицу, а *M*—найденный атомный вѣсъ).

<i>A</i>	<i>M</i>	
3500	140	спектр радія очень слабъ.
4700	141	
7500	145,8	} спектр радія значителенъ, но преобладаетъ спектр барія.
Порядокъ величины $10^6$	173,8	
	225	оба спектра почти совершенно одинаковы. барій находится только въ видѣ слѣдовъ.

На числа столбца *A* слѣдуетъ смотрѣть, лишь какъ на грубыя, круглыя числа. Опредѣленіе активности сильно радіоактивныхъ тѣлъ дѣйствительно очень трудно по многимъ причинамъ, о которыхъ рѣчь будетъ впереди.

Во время описанныхъ выше работъ я получила въ мартѣ 1902 г. 0,12 гр. хлористаго радія, который Демарсе подвергъ спектральному анализу. Этотъ хлористый радій былъ, по мнѣнію Де-

марсе, очень чистъ; однако его спектръ давалъ еще и три главныя линіи барія значительной интенсивности.

Съ этимъ хлористымъ соединеніемъ я произвела четыре послѣдовательныхъ опредѣленія. Вотъ ихъ результаты:

	Безводный хлористый радій	Хлористое серебро	<i>M</i>
I . . . . .	0,1150	0,1130	220,7
II . . . . .	0,1448	0,1119	223,0
III . . . . .	0,11135	0,1086	222,8
IV . . . . .	0,10925	0,10645	223,1

Тогда я подвергла это хлористое соединеніе новой очисткѣ и получила вещество, еще болѣе чистое, въ спектрѣ котораго три наиболѣе сильныя линіи барія были выражены очень слабо. Отсюда Демарсе заключилъ, что это очищенное хлористое соединеніе содержитъ только «минимальныя слѣды барія, которые не могутъ оказывать замѣтнаго вліянія на атомный вѣсъ». Съ этимъ совершенно чистымъ хлористымъ радіемъ я сдѣлала три опредѣленія. Вотъ ихъ результаты:

	Безводный хлористый радій	Хлористое серебро	<i>M</i>
I . . . . .	0,09192	0,08890	225,3
II . . . . .	0,08936	0,08627	225,8
III . . . . .	0,08839	0,08589	224,0

Въ среднемъ числа эти даютъ 225. Вычислены они были совершенно также, какъ и предыдущія, причемъ радій разсматривался, какъ двуатомный элементъ, котораго хлористое соединеніе выражается формулой  $RaCl_2$ , а для серебра и хлора были приняты числа:  $Ag = 107,8$ ;  $Cl = 35,4$ .

Результаты этихъ опытовъ сводились къ опредѣленію атомнаго вѣса радія числомъ  $Ra = 225$ , вѣрнымъ, какъ я думаю, съ точностью до единицы.

Взвѣшиванія производились на совершенно вѣрныхъ аперіодическихъ вѣсахъ Кюри, дающихъ точность двадцатой доли миллиграмма. Эти вѣсы, съ непосредственнымъ отсчетомъ, даютъ возможность производить взвѣшиванія очень быстро, что составляетъ существенное условіе для взвѣшиванія безводныхъ хлористыхъ соединеній радія и барія, медленно поглощающихъ влагу даже и тогда, если въ вѣсахъ находится осушающія тѣла. Взвѣшиваемыя вещества клались въ платиновый тигель; этимъ послѣднимъ я пользовалась уже давно и нашла, что за время опытовъ вѣсъ его измѣнился меньше, чѣмъ на одну десятую миллиграмма.

Полученное кристаллизацией водное хлористое соединение вводилось в тигель и нагревалось в бане, чтобы перевести его в безводное хлористое соединение. Опыт показывает, что если такое соединение держать несколько часов при  $100^{\circ}$ , то его вес не изменяется. Не изменяется он даже и в том случае, если температуру повысить до  $200^{\circ}$  и держать хлористое соединение несколько часов при этой температуре. Полученное таким образом хлористое соединение представляет собою вполне определенное тело.

Вот ряд измерений, относящихся к этому вопросу: хлористое соединение высушено в бане при  $55^{\circ}$  и помещено в эксikator с безводной фосфорной кислотой; вес его, хоть и медленно, однако уменьшается, показывая тем, что оно еще содержит в себе воду; через 12 часов потеря веса составляет 3 мгр. Тогда вещество это снова переносят в баню, температура которой повышена до  $100^{\circ}$ . В течение этой операции хлористое соединение теряет 6,3 мгр. Пробыв в бане в течение 3 часов 15 минут, оно теряет еще 2,5 мгр. При поддержании в течение 45 минут температуры от  $100^{\circ}$  до  $120^{\circ}$  обнаруживается потеря в весе на 0,1 мгр. Пробыв 30 минут при  $125^{\circ}$ , хлористое соединение в весе своем не уменьшается. Оно теряет затем еще 0,1 мгр., пробыв 30 минут при  $150^{\circ}$ . Наконец, нагреваясь 4 часа до  $200^{\circ}$ , оно дает потерю веса в 0,15 мгр. Что же касается тигля, то за все это время он изменился в весе всего на 0,05 мгр.

После каждого определения атомного веса радия снова переводился в хлористое соединение следующим образом: к жидкости, содержащей некоторое количество азотнокислого радия и избыток азотнокислого серебра, прибавлялась чистая соляная кислота; хлористое серебро удалялось фильтрованием; что же касается жидкости, то она несколько раз вынашивалась досуха в избытке чистой соляной кислоты. Опыт показывает, что таким образом азотную кислоту можно удалить совершенно.

Хлористое серебро всегда было радиоактивно и люминесцировало. Определяя количество получавшагося серебра, я убедилась, что оно не увлекало за собой заметного количества радия. С этой целью содержавшееся в тигле осажденное хлористое серебро восстанавливалось водородом, получавшимся от разложения разбавленной соляной кислоты цинком; затем тигель промывался и взвешивался вместе с находившимся в нем металлическим серебром.

В одном опыте я констатировала также, что вес регенери-

ровальнаго хлористаго радія былъ одинаковъ съ вѣсомъ его до этой операціи. Въ нѣкоторыхъ же опытахъ я начинала новыя манипуляціи, не дожидаясь полного испаренія промывныхъ водъ.

Такая провѣрка не даетъ точности непосредственныхъ опытовъ, но, во всякомъ случаѣ, она даетъ возможность убѣдиться въ томъ, что не было допущено никакой значительной ошибки.

По химическимъ своимъ свойствамъ радій принадлежитъ къ группѣ щелочно-земельныхъ элементовъ; въ этой группѣ онъ—гомологъ барія.

Судя по атомному вѣсу, радій надо помѣстить въ таблицѣ Менделѣева въ одномъ ряду съ баріемъ, въ группѣ щелочно-земельныхъ металловъ и въ той строкѣ, въ которой находятся уже уранъ и торій.

*Свойства солей радія.*— Хлористая, азотнокислая, углекислая и сѣрнокислая соли радія имѣютъ совершенно такой же видъ, какъ и аналогичныя соли барія. Впрочемъ, такъ обстоитъ дѣло въ томъ случаѣ, если соли радія только что переведены въ твердое состояніе. Съ теченіемъ же времени онѣ пріобрѣтаютъ нѣкоторую окраску.

Всѣ соли радія въ темнотѣ люминесцируютъ.

По своимъ химическимъ свойствамъ соли радія вполне аналогичны соответственнымъ солямъ барія. Однако хлористый радій растворимъ хуже хлористаго барія; растворимость же азотнокислыхъ солей, повидимому, совершенно одинакова.

Изъ солей радія постоянно и вполне самопроизвольно выделяется теплота.

Чистый хлористый радій парамагнитенъ. Его коэффициентъ удѣльнаго намагниченія  $K$  (т. е. отношеніе магнитнаго момента единицы массы къ интенсивности поля) былъ измѣренъ г. Кюри и Шеневе съ помощью особаго, построеннаго этими двумя физиками, прибора<sup>1</sup>. Коэффициентъ этотъ измѣрялся помощью сравненія съ коэффициентомъ воды, причемъ вносились поправки на магнетизмъ воздуха. Такимъ образомъ было найдено:

$$K = 1,05 \times 10^{-6}.$$

Чистый хлористый барій діамагнитенъ, и его коэффициентъ удѣльнаго намагниченія есть

$$K = -0,40 \times 10^{-6}.$$

Между прочимъ, согласно съ предыдущими результатами находятъ, что хлористый радіеносный барій, содержащій около 17 про-

<sup>1</sup> Société de Physique, 3 апрѣля 1903 г.

центровъ хлористаго радія, діамантитенъ и имѣеть удѣльный коэф-  
фициентъ

$$K = - 0,20 \times 10^{-6}.^1$$

*Фракціонированіе обыкновеннаго хлористаго барія.*—Намъ хотѣлось посмотрѣть, не содержитъ ли небольшихъ, не ощущаемыхъ нашимъ пзмѣрительнымъ приборомъ, слѣдовъ хлористаго радія продажный хлористый барій. Для этого мы предприняли фракціонированіе большого количества продажнаго хлористаго барія, надѣясь сконцентрировать такимъ путемъ слѣды радія, разъ только они имѣются въ баріи.

50 кгр. продажнаго хлористаго барія было растворено въ водѣ; растворъ осаждался свободно отъ сѣрной кислоты соляною кислотою, каковой процессъ далъ 20 кгр. осажденнаго хлористаго соединенія. Последнее было растворено въ водѣ и осаждалось по частямъ, послѣ чего получилось 8,5 кгр. осажденнаго хлористаго соединенія. Это последнее было подвергнуто тому методу фракціонированія, который применялся къ хлористому радіеносному барію. Въ концѣ концовъ удалось выдѣлить 10 гр. хлористаго соединенія, соответствующихъ наименѣе растворимой порціи. Такое соединеніе не выказывало на нашемъ приборѣ никакихъ слѣдовъ радиоактивности: въ немъ не было радія; слѣдовательно, послѣдній отсутствуетъ въ минералахъ, изъ которыхъ добывается барій.

<sup>1</sup> Въ 1899 году Ст. Мейеръ напечаталъ, что углекислый радіеносный барій парамагнитенъ (Wied. Ann., т. LXVIII). Однако Мейеръ работалъ съ препаратомъ, очень бѣднымъ радіемъ и содержащимъ, вѣроятно, не болѣе  $\frac{1}{1000}$  радіевой соли. Такой препаратъ долженъ былъ бы быть діаман-  
титнымъ. Надо думать, что изслѣдованіе имъ тѣло содержало въ себѣ  
нѣкоторое количество примѣси желѣза.

## ГЛАВА ТРЕТЬЯ

### Излученія новыхъ радиоактивныхъ веществъ

*Приемы, употребляющіеся при изученіи излученій.*—Для изученія излученій, непускаемыхъ радиоактивными веществами, можно воспользоваться какимъ либо изъ свойствъ этихъ излученій. Съ этою цѣлью можно утилизировать либо дѣйствіе лучей на фотографическія пластинки, либо ихъ свойство іонизировать воздухъ и дѣлать его проводникомъ, либо, наконецъ, ихъ способность вызывать въ нѣкоторыхъ веществахъ флюоресценцію. Говоря въ послѣдующемъ объ этихъ различныхъ способахъ изученія излученій, я для краткости буду употреблять выраженія: методъ радіографическій, методъ электрической и методъ флюороскопической.

Два первые изъ нихъ употреблялись съ самаго начала изученія урановыхъ лучей; что же касается флюороскопическаго метода, то его можно примѣнять только къ новымъ, сильно радиоактивнымъ веществамъ, ибо такія слабо радиоактивныя вещества, какъ уранъ и торій, замѣтной флюоресценціи не вызываютъ. Одинъ лишь электрической методъ допускаетъ точныя измѣренія интенсивности; два же другіе могутъ давать съ этой точки зрѣнія, вообще говоря, качественные результаты, и съ ихъ помощью можно производить лишь грубыя измѣренія интенсивности. Результаты, получающіеся съ помощью трехъ разсмотрѣнныхъ методовъ, можно сравнивать лишь въ очень грубой формѣ, а то они и вовсе несоразимы между собой. Чувствительная пластинка, іонизирующійся газъ, флюоресцирующій экранъ—все это приемники, отъ которыхъ требуется поглощеніе энергіи излученія и трансформированіе ея въ новый видъ энергіи: энергію химическую, энергію іоновъ или энергію свѣтовую. Каждый приемникъ поглощаетъ нѣкоторую часть излученія, зависящую главнымъ образомъ отъ природы самого приемника. Ниже мы увидимъ,



что характеръ излученій очень сложенъ; части излученій, поглощаемыя различными приёмниками, могутъ отличаться другъ отъ друга количественно и качественно. Наконецъ, не очевидно и даже вероятно, чтобы поглощаемая энергія цѣлкомъ трансформировалась приёмникомъ въ тотъ видъ, который намъ желательно наблюдать; часть этой энергіи можетъ оказаться трансформированною въ теплоту, въ испусканіе вторичныхъ излученій, которыя въ томъ или иномъ случаѣ будутъ или не будутъ утилизироваться для образованія наблюдаемаго явленія, въ химическое дѣйствіе, отличное отъ того, которое наблюдаютъ, и т. д.; и здѣсь еще дѣйствіе приёмника, полезное для той цѣли, которую мы себѣ ставимъ, зависить главнымъ образомъ отъ природы и свойствъ этого приёмника.

Сравнимъ два радиоактивныхъ препарата, одинъ изъ которыхъ содержитъ радій, а другой—полоній, и которые одинаково активны по отношенію къ тому прибору съ пластинами, который изображенъ на рисункѣ 1-мъ. Если каждый изъ ихъ покрыть тонкимъ алюминіевымъ листочкомъ, то второй окажется значительно менѣе активнымъ, чѣмъ первый; то же самое окажется и тогда, если оба ихъ помѣстить подъ однимъ и тѣмъ же флюоресцирующимъ экраномъ, развѣ этотъ послѣдній обладаетъ достаточною толщиною или расположенъ въ опредѣленномъ разстояніи отъ радиоактивныхъ веществъ.

*Энергія излученій.*—Какимъ бы методомъ изслѣдованій ни пользоваться, всегда оказывается, что энергія излученій новыхъ радиоактивныхъ веществъ значительно больше энергіи излученій урана и торія. Такъ, напримѣръ, на небольшомъ разстояніи отпечатокъ на фотографической пластинкѣ получается почти моментально, тогда какъ при манипуляціяхъ съ ураномъ и торіемъ требуется экспозиція около 24 часовъ. При соприкосновеніи съ новыми радиоактивными веществами флюоресцирующій экранъ свѣтится очень ярко, между тѣмъ какъ въ случаѣ урана и торія незамѣтно никакихъ слѣдовъ свѣченія. Наконецъ и іонизирующее дѣйствіе на воздухъ также значительно интенсивнѣе, приблизительно въ 100 разъ. Но описаннымъ выше (рис. 1) электрическимъ методомъ нельзя, правда, опредѣлить всей интенсивности излученія, что имѣло мѣсто въ случаѣ урана. И дѣйствительно, когда берется уранъ, то раздѣляющій пластины слой воздуха прекрасно поглощаетъ излученія, и уже при напряженіи въ 100 вольтъ достигается предѣльный токъ. Для сильно же радиоактивныхъ веществъ это уже не имѣетъ мѣста. Часть излученій радія состоитъ изъ очень легко проникающихъ сквозь тѣла лучей, которые проходятъ черезъ конденсаторъ и металлическія пластины и отнюдь не дѣйствуютъ іонизирующимъ

образомъ на находящійся между пластинками воздухъ. Къ тому же при напряженіяхъ, которыми располагаешь, не всегда можно получить предѣльный токъ; что касается очень активнаго полонія, то при напряженіи между 100 и 500 вольтами токъ еще пропорціоналенъ этому напряженію. Такимъ образомъ имѣющія очень простое значеніе экспериментальныя условія не осуществимы, а потому на полученныя числа нельзя смотрѣть, какъ на мѣру всего излученія; съ этой точки зрѣнія они даютъ лишь грубое приближеніе.

*Сложный характеръ излученій.*—Работы различныхъ физиковъ (Беккереля, Мейера и фонъ-Швейдлера, Гизеля, Виллара, Рутерфорда и супруговъ Кюри) показали, что излученіе радиоактивныхъ веществъ есть излученіе сложное. Слѣдуетъ различать три рода лучей, которыя, слѣдуя принятому Рутерфордомъ обозначенію, и означу буквами  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ .

1) Лучи  $\alpha$ , обладающіе очень ничтожною способностью проникать сквозь тѣла, составляютъ, повидному, наибольшую часть излученія. Лучи эти характеризуются законами, по которымъ они поглощаются матеріей. Магнитное поле дѣйствуетъ на эти лучи очень слабо, и раньше на нихъ смотрѣли, какъ на лучи, нечувствительныя къ дѣйствию этого поля. Однако въ интенсивномъ магнитномъ полѣ лучи  $\alpha$  слегка отклоняются; отклоненіе происходитъ также, какъ и въ случаѣ катодныхъ лучей, но направленіе отклоненія обратное: оно одинаково съ отклоненіемъ закатодныхъ лучей (*les rayons cathodiques*) въ трубкахъ Крукса.

2) Лучи  $\beta$  поглощаются окружающей ихъ средой менѣе, чѣмъ предыдущіе. Они отклоняются магнитнымъ полемъ точно также и въ томъ же направленіи, какъ и лучи катодныя.

3) Лучи  $\gamma$  суть лучи, проникающіе сквозь тѣла, нечувствительныя къ дѣйствию магнитнаго поля и сравнимыя съ лучами Рѣнтгена.

Лучи какой либо изъ этихъ группъ обладаютъ способностью проникать сквозь тѣла, мѣняющіяся въ очень широкихъ предѣлахъ, какъ это было доказано для лучей  $\beta$ .

Представимъ себѣ слѣдующій опытъ: радій R расположенъ на днѣ небольшого глубокаго углубленія, сдѣланнаго въ кускѣ свинца P (рис. 4). Прямолинейный лучокъ лучей выходитъ изъ отверстія коробки. Предположимъ, что въ окружающемъ нашу коробку пространствѣ имѣется однородное, весьма интенсивное магнитное поле, нормальное къ плоскости рисунка и имѣющее направленіе съ задней стороны этой плоскости. Три группы лучей,  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ , будутъ отдѣлены другъ отъ друга. Мало интенсивныя лучи  $\gamma$  распространяются по-

прежнему прямолинейно, не выказывая ни малѣйшихъ слѣдовъ отклоненія. Лучи  $\beta$  отклоняются на манеръ катодныхъ лучей и описываютъ въ плоскости рисунка круговыя траекторіи, радіусъ которыхъ мѣняется въ широкихъ предѣлахъ. Если нашу коробку помѣстить на фотографическую пластинку  $AC$ , то на части ея  $BC$ , вос-

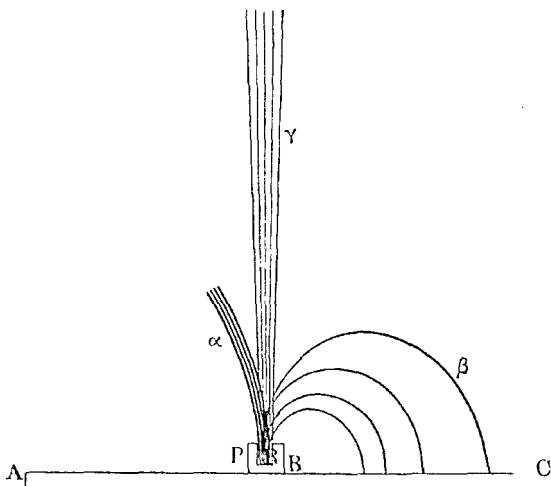


Рис. 4

принимавшей лучи  $\beta$ , получится отпечатокъ. Наконецъ, лучи  $\alpha$  образуютъ очень интенсивный пучокъ, который немного отклоняется и довольно быстро поглощается воздухомъ. Лучи эти описываютъ въ плоскости рисунка траекторію, радіусъ кривизны которой очень великъ; при этомъ ихъ отклоненіе обратно отклоненію, имѣющему мѣсто въ лучахъ  $\beta$ .

Если коробку покрыть тонкимъ алюминиевымъ экраномъ (0,1 мм. толщиною), то лучи  $\alpha$  большею частью уничтожатся, въ лучахъ  $\beta$  это будетъ имѣть мѣсто въ гораздо меньшей степени, а лучи  $\gamma$ , по видимому, не поглощаются замѣтнымъ образомъ.

Только что описанный опытъ въ такой формѣ не осуществлялся; дальше мы увидимъ, какіе опыты показываютъ дѣйствіе магнитнаго поля на различныя группы лучей.

*Дѣйствіе магнитнаго поля.* — Мы видѣли, что лучи, испускаемые радиоактивными веществами, имѣютъ очень много свойствъ,

одинаковыхъ со свойствами лучей катодныхъ и рѣнтгеновскихъ. Катодные лучи и лучи Рѣнтгена также хорошо іонизируютъ воздухъ, дѣйствуютъ на фотографическія пластинки, возбуждаютъ флюоресценцію и не выказываютъ правильнаго отраженія. Но катодные лучи отличаются отъ лучей Рѣнтгена тѣмъ, что отклоняются со своего прямолинейнаго пути подѣ дѣйствіемъ магнитнаго поля, и тѣмъ, что они переносятъ съ собою заряды отрицательнаго электричества.

Тотъ фактъ, что магнитное поле дѣйствуетъ на лучи, испускаемые радіоактивными веществами, былъ открытъ почти одновременно Гизелемъ, Мейеромъ и фонъ-Швейдлеромъ и Беккерелемъ <sup>1</sup>. Эти физики увидѣли, что лучи радіоактивныхъ веществъ отклоняются магнитнымъ полемъ совершенно также, какъ и катодные лучи, и притомъ въ такомъ же направленіи, какъ и эти послѣдніе; ихъ наблюденія касались лучей  $\beta$ .

Кюри показали, что излученіе радія даетъ двѣ группы различныхъ другъ отъ друга лучей, одни изъ которыхъ легко отклоняются магнитнымъ полемъ (лучи  $\beta$ ), тогда какъ другіе, повидимому, нечувствительны къ дѣйствію этого поля (лучи  $\alpha$  и  $\gamma$ , которымъ вмѣстѣ было дано названіе неотклоняемыхъ лучей) <sup>2</sup>.

Беккерель не наблюдалъ испусканія лучей, подобныхъ катоднымъ, приготовленными нами препаратами полонія. На препаратѣ же, изготовленномъ самимъ Беккерелемъ, Гизель въ первый разъ, напротивъ того, наблюдалъ дѣйствіе магнитнаго поля. Изъ всѣхъ приготовленныхъ нами препаратовъ полонія ни одинъ не обнаруживалъ никогда испусканія лучей, подобныхъ катоднымъ.

Полоній Гизеля испускаетъ лучи, вродѣ катодныхъ, лишь въ томъ случаѣ, когда онъ свѣже-приготовленъ. Весьма вѣроятно, что испусканіе это обязано наведенной (индуктированной) радіоактивности, о которой рѣчь будетъ ниже.

Вотъ опыты, доказывающіе, что только часть излученій радія состоитъ изъ легко отклоняемыхъ лучей (лучей  $\beta$ ). Эти опыты производились по электрическому методу <sup>3</sup>.

Радіоактивное тѣло А (рис. 5) посылаетъ радіаціи по направленію AD между пластинками Р и Р'. На пластинкѣ Р поддерживается потенциалъ въ 500 вольтъ, а пластинка Р' находится въ соединеніи

<sup>1</sup> Giesel. Wied. Ann., 2 ноября 1899 г.—Meyer u. von Schweidler, Acad. Anzeiger Wien, 3 и 9 ноября 1899 г.—Becquerel, Comptes rendus, 11 декабря 1899 г.

<sup>2</sup> P. Curie, Comptes rendus, 8 января 1900 г.

<sup>3</sup> P. Curie, Comptes rendus, 8 января 1900 г.

съ электрометромъ и пьезоэлектрическимъ кварцемъ. Измѣряется сила тока, проходящаго въ воздухѣ подь влiянемъ радiацiи. По желанiю въ пространствѣ ЕЕЕЕ можно устанавливать магнитное поле электромагнита, нормально къ плоскости рисунка. Если лучи отклоняются, хотя бы и слабо, они не проникаютъ уже въ пространство между пластинами, и токъ исчезаетъ. Пространство, въ которомъ проходитъ лучи, окружено свинцовыми массами В, В' и В'' и арматурою электромагнита; если лучи отклоняются, они поглощаются свинцовыми массами В, В' и В''.

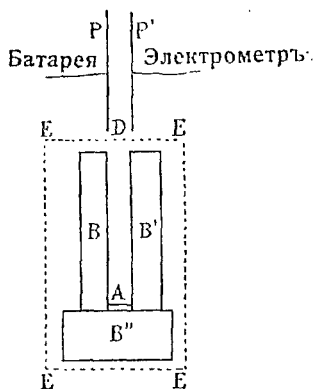


Рис. 5

Полученные результаты зависятъ главнымъ образомъ отъ разстоянiя  $AD$  радiрующаго тѣла  $A$  отъ входа ихъ въ конденсаторъ въ  $D$ . Если разстояние  $AD$  достаточно велико (больше 7 см.), то большая часть лучей (около 90 процентовъ) радiа, достигающихъ конденсатора, отклоняется и уничтожается подь влiянемъ поля въ 2.500 единицъ. Лучи эти

есть  $\beta$ . Если разстояние  $AD$  меньше 65 мм., то подь дѣйствiемъ поля отклоняется значительно меньшая часть лучей; часть эта отклоняется полемъ въ 2.500 единицъ уже совершенно, и количество исчезающихъ лучей не увеличивается, если заставить поле возрасти съ 2.500 до 7.000 единицъ.

Часть лучей, не уничтожаемыхъ полемъ, настолько больше, насколько меньше разстояние  $AD$  между радiрующимъ тѣломъ и конденсаторомъ. При небольшихъ разстоянiяхъ лучи, которые могутъ быть легко отклонены, составляютъ уже лишь очень незначительную часть всего излученiя.

Лучами, проникающими сквозь тѣла, являются большею частью отклоняемые лучи, подобные катоднымъ (лучи  $\beta$ ).

При только что описанномъ расположенiи опыта, дѣйствiя магнитнаго поля на лучи  $\alpha$  почти нельзя было наблюдать вовсе при употреблявшихся поляхъ. Очень значительное излученiе, повиднмому, неотклоняемое, наблюдавшееся на небольшомъ разстоянiи отъ источника радiацiи, состояло изъ лучей  $\alpha$ ; неотклоняемая излученiя, наблюдавшаяся на большомъ разстоянiи, состояли изъ лучей  $\gamma$ .

Если пропускать пучокъ лучей черезъ поглощающую пластинку

(пзъ алюминія или черной бумаги), то почти всё проходящія лучи отклоняются полемъ, такъ что съ помощью экрана и магнитнаго поля почти все излученіе пропадаетъ въ конденсаторѣ, а то, что остается, обязано тогда лишь лучамъ  $\gamma$ , количество которыхъ незначительно. Что касается лучей  $\alpha$ , то они поглощаются экраномъ.

Алюминіевой пластинки въ  $\frac{1}{100}$  миллиметра толщиною достаточно для уничтоженія почти всѣхъ легко отклоняемыхъ лучей, если вещество довольно далеко отъ конденсатора; при меньшихъ разстояніяхъ (въ 34—51 мм.) для полученія того же результата необходимо два алюминіевыхъ листочка въ  $\frac{1}{100}$  мм. толщиною.

Подобныя измѣренія производились надъ четырьмя радіеспособными веществами (хлористыми или углекислыми) самой различной активности; полученные результаты имѣли между собою очень много общаго.

Можно замѣтить, что при всѣхъ изслѣдовавшихся препаратахъ проникающіе сквозь тѣла лучи, отклоняемые магнитомъ (лучи  $\beta$ ), составляютъ лишь небольшую часть всего излученія; они только отчасти участвуютъ въ измѣреніяхъ, въ которыхъ для производства большей или меньшей проводимости воздуха пользуются полнымъ излученіемъ.

Радіацію, непускаемую полоніемъ, можно изучать съ помощью электрическаго метода. При измѣненіи разстоянія АД полонія отъ конденсатора, сначала не наблюдается никакого тока; такъ дѣло обстоитъ до тѣхъ поръ, пока это разстояніе довольно велико; когда же полоній приближается къ конденсатору, то можно видѣть, что при нѣкоторомъ опредѣленномъ разстояніи, равномъ для изучавшагося препарата 4 см., излученіе вдругъ начинаетъ давать себя чувствовать достаточно интенсивно; если продолжать дальнѣйшее приближеніе полонія, то токъ правильно увеличивается, но магнитное поле не обнаруживаетъ при этихъ условіяхъ замѣтнаго дѣйствія. Излученіе полонія какъ бы отмежевывается въ пространствѣ и лишь съ большимъ трудомъ проходитъ сквозь своего рода футляръ, образуемый воздухомъ, окружающимъ вещество толщею въ нѣсколько сантиметровъ.

Слѣдуетъ сдѣлать нѣсколько очень важныхъ оговорокъ общаго характера относительно смысла и значенія только что описанныхъ мною опытовъ. Когда я указываю на отношеніе лучей, отклоняемыхъ магнитомъ, то рѣчь идетъ исключительно о радіаціяхъ, могущихъ вызывать въ конденсаторѣ токъ. Если пользоваться въ качествѣ реактива лучей Беккереля флюоресценціей или дѣйствіемъ на фотографическія пластинки, то отношеніе это было бы, вѣроятно,

ными, такъ что мѣра интенсивности, вообще говоря, имѣетъ смыслъ только для того метода измѣреній, которымъ пользуются.

Лучи  $\alpha$  волонія суть лучи такого рода, какъ  $\alpha$ . Въ только что описанныхъ опытахъ не наблюдалось никакого дѣйствія на эти лучи магнитнаго поля, но постановка опыта была такова, что слабое отклоненіе прошло бы незамѣченнымъ.

Опыты, сдѣланные по радіографическому методу, подтверждаютъ результаты предшествующихъ опытовъ. Пользуясь въ качествѣ источника радіацій радіемъ и воспринимая производимый радіаціей отпечатокъ на пластинку, параллельную первоначальному пучку и нормальную къ полю, получаютъ очень явный слѣдъ двухъ пучковъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга дѣйствіемъ поля, одного отклоненнаго и другого неотклоненнаго. Лучи  $\beta$  составляютъ отклоненный пучокъ, тогда какъ очень мало отклоняемые лучи  $\alpha$  сливаются съ неотклоненнымъ пучкомъ лучей  $\gamma$ .

*Отклоняемые лучи  $\beta$ .*—Результатомъ опытовъ Ризеля, Мейера и фонъ-Швейдлера явилось то соображеніе, что излученія радиоактивныхъ тѣлъ, по крайней мѣрѣ отчасти, отклоняются магнитнымъ полемъ, причемъ отклоненіе это происходитъ совершенно также, какъ и въ катодныхъ лучахъ. Беккерель изучалъ дѣйствіе поля на лучи по радіографическому методу <sup>1</sup>. Постановка опыта была такая же, какъ и въ случаѣ, представленномъ на рисункѣ 4-мъ. Радій помѣщался въ свинцовой коробкѣ P, а эта послѣдняя располагалась на чувствительной сторонѣ фотографической пластинки AC, завернутой въ черную бумагу. Все это находилось между полюсами электромагнита, причемъ магнитное поле было нормально къ плоскости рисунка.

Если поле было направлено къ задней сторонѣ этой плоскости, то часть BC пластинки находилась подъ дѣйствіемъ лучей, которые, описавъ круговыя траекторіи, попадали на пластинку и пересѣкали ее подъ прямымъ угломъ. Эти лучи суть лучи  $\beta$ .

Беккерель показалъ, что полученный отпечатокъ представляетъ собою широкую ленту, настоящій сплошной спектръ, указывающій, что пучокъ отклоняемыхъ лучей, испускаемыхъ источникомъ, состоитъ изъ бесконечнаго множества неодинаково отклоняемыхъ радіацій. Если желатину пластинки покрывать различными поглощающими экранами (бумагой, стекломъ, металлами), то часть спектра оказывается уничтоженной, причемъ не трудно видѣть, что наиболѣе сильно поглощаются лучи, наиболѣе отклоняемые магнитнымъ

<sup>1</sup> Becquerel, Comptes rendus, т. CXXX, стр. 206, 372, 810.

полямъ, т. е. тѣмъ, которые представляютъ наименьшій радіусъ круговой траекторіи. Отпечатокъ на пластинкѣ начинаетъ появляться для всякаго экрана лишь на опредѣленномъ разстояніи его отъ радіирующаго источника, причемъ разстояніе это тѣмъ больше, чѣмъ болѣе поглощающею способностью обладаетъ экранъ.

*Зарядъ отклоняемыхъ лучей.* — Катодные лучи, какъ показала Перренъ, заряжены отрицательнымъ электричествомъ <sup>1</sup>. Сверхъ того, судя по опытамъ Перрена и Ленара <sup>2</sup>, они могутъ переносить свой зарядъ черезъ соединенныя съ землею металлическія обкладки и черезъ изолирующія пластины. Во всякомъ мѣстѣ, гдѣ поглощаются катодные лучи, происходитъ безпрерывное выдѣленіе отрицательнаго электричества. Мы констатировали, что подобное же явленіе имѣетъ мѣсто и у отклоняемыхъ лучей  $\beta$  радія. Отклоняемые лучи  $\beta$  радія заряжены отрицательнымъ электричествомъ <sup>3</sup>.

Расположимъ радиоактивное вещество на одной изъ пластинъ конденсатора, каковая пластина соединена металлически съ землею; вторая пластина, находящаяся въ сообщеніи съ электрометромъ, воспринимаетъ и поглощаетъ лучи, испускаемые радиоактивнымъ веществомъ. Если лучи заряжены, то непременно будетъ наблюдаемо, что къ электрометру безпрерывно подходитъ электричество. Опытъ этотъ, сдѣланный въ воздухѣ, не далъ намъ возможности обнаружить заряда лучей, но, поставленный такимъ образомъ, онъ нечувствителенъ. Разъ лучи дѣлаютъ находящійся между пластинами воздухъ проводникомъ, электрометръ становится уже не изолированнымъ и можетъ обнаруживать только довольно слабыя заряды.

Чтобы въ опытѣ не могли помѣшать лучи  $\alpha$ , ихъ можно удалить, покрывъ источникъ радіаціи тонкимъ металлическимъ экраномъ; это не измѣнитъ результата опыта <sup>4</sup>.

Опытъ не сталъ удаваться лучше, когда мы, повторяя его, за-

<sup>1</sup> Comptes rendus, т. CXXI, стр. 1130. — Annales de Chimie et de Physique, т. II, 1897 г.

<sup>2</sup> Lenard, Wied. Ann., т. LXIV, стр. 279.

<sup>3</sup> M. et M-me Curie, Comptes rendus, 5 марта 1900 г.

<sup>4</sup> По правдѣ сказать, въ этихъ опытахъ всегда наблюдается отклоненіе электрометра, но не трудно видѣть, что такое перемѣщеніе есть результатъ дѣйствія электродвижущей силы контакта, существующей между сообщенною съ электрометромъ пластиною и близлежащими проводниками; эта электродвижущая сила заставляетъ электрометръ отклоняться, несмотря даже на проводимость воздуха, подверженнаго дѣйствию излученій радія.



ставляли лучи проникать во внутренность находящагося въ сообщеніи съ электрометромъ цилиндра Фарадея <sup>1</sup>.

Уже изъ предшествовавшихъ опытовъ можно было убѣдиться, что зарядъ лучей употреблявшагося радіпрующаго препарата былъ невеликъ.

Для обнаруженія слабого выдѣленія электричества на проводникѣ, который поглощаетъ лучи, необходимо, чтобы проводникъ этотъ былъ какъ пельзя лучше изолированъ электрически; для достиженія этого, его надо защитить отъ воздуха, либо помѣщая въ трубкѣ съ весьма совершенною пустотою, либо окружая хорошимъ твердымъ діэлектрикомъ. Что касается насть, то мы пользовались послѣднимъ.

Проводящій дискъ (ММ, рис. 6) соединился посредствомъ металличе-

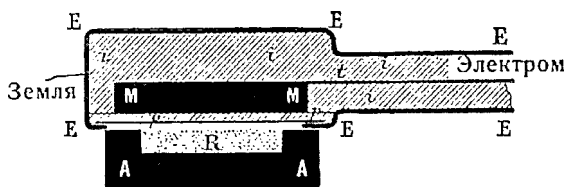


Рис. 6

скаго стержня  $t$  съ электрометромъ; какъ дискъ, такъ и стержень, были совершенно окружены изолирующей матеріей  $iii$ ; все это было закрыто металлической оболочкой  $EEEE$ , находившейся въ электрическомъ сообщеніи съ землею. Прикрывающій одну изъ сторонъ диска изолирующій слой, а равно и находящаяся на немъ часть металлической оболочки, были очень тонки. Эта-то сторона диска и была выставлена подъ дѣйствіе излученій соли радіеноснаго барія  $R$ , находившейся въ свинцовомъ корытцѣ <sup>2</sup>. Лучи, непускаемые радіемъ, проходятъ черезъ металлическую оболочку и изолирующій

<sup>1</sup> Установка цилиндра Фарадея не необходима, но онъ могъ бы оказаться болѣе или менѣе полезнымъ въ томъ случаѣ, еслибы стѣнки, на которые падаютъ лучи, сильно разсѣивали ихъ. Разъ имѣли бы мѣсто такіе разсѣйные лучи, то можно было бы надѣяться съ помощью цилиндра Фарадея собрать ихъ и надлежащимъ образомъ утилизировать.

<sup>2</sup> Изолирующая оболочка должна быть совершенно сплошною. Всякая заполненная воздухомъ щель, идущая отъ внутренняго проводника до металлической оболочки, служитъ причиною возникновенія тока, объясняемаго электродвижущимъ силамъ контакта и образующагося благодаря дѣйствію радія, дѣлающаго воздухъ проводящимъ.

слой *pp* и поглощаются металлическимъ дискомъ *MM*. Последній является въ такомъ случаѣ мѣстомъ непрерывнаго и постояннаго выдѣленія отрицательнаго электричества, которое обнаруживается электрометромъ и измѣряется съ помощью пьезоэлектрическаго кварца.

Получающійся такимъ образомъ токъ очень слабъ. Съ помощью въ высшей степени активнаго хлористаго радіоснаго барія, образующаго слой, котораго поверхность равна 2,5 кв. см., а толщина 0,2 см., получается токъ порядка  $10^{-11}$  ампера, причемъ утилизируемые лучи, прежде чѣмъ быть поглощенными дискомъ *MM*, проходятъ толщину алюминія въ 0,01 мм. и слой эбонита въ 0,3 мм. толщиной.

Для диска *MM* мы пользовались последовательно свинцомъ, мѣдью и цинкомъ, а для изолирующаго слоя брали эбонитъ и парафинъ; получавшіеся результаты во всехъ случаяхъ были одинаковы.

Токъ уменьшается при удаленіи радірующаго источника *R* или при употребленіи менѣе активнаго препарата.

Такие же результаты мы получали и тогда, когда замѣняли дискъ *MM* цилиндромъ Фарадея, наполненнымъ воздухомъ, но закрытымъ снаружи изолирующимъ веществомъ. Въ этомъ случаѣ противъ радірующаго источника находилось отверстіе цилиндра, закрытое тонкой изолирующей пластинкой *pp*.

Мы сдѣлали наконецъ и обратный опытъ, состоявшій въ томъ, что свинцовое корытце съ радіемъ помѣщалось среди изолирующаго вещества, находившагося въ сообщеніи съ электрометромъ (рис. 7),

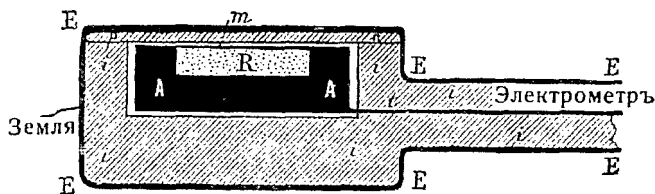


Рис. 7

причемъ все это было закрыто металлическимъ слоемъ, соединеннымъ съ землею.

При этихъ условіяхъ можно при посредствѣ электрометра видѣть, что радій получаетъ положительный зарядъ, равный по ве-

личивъ отрицательному заряду перваго опыта. Лучи радія проходятъ черезъ тонкій слой диэлектрика  $pp$  и оставляютъ внутренній проводникъ, унося съ собою отрицательное электричество.

Лучи  $\alpha$  радія въ этихъ опытахъ не участвуютъ. Они могли совершенно поглощаться крайне незначительнымъ слоемъ матеріи. Только что описанный методъ для изученія заряда лучей полонія не годится, такъ какъ и эти лучи также очень слабо проникаютъ сквозь тѣла. Съ полоніемъ, испускающимъ только лучи  $\alpha$ , мы не наблюдали никакихъ слѣдовъ заряда; но, судя по вышесказанному, изъ этого опыта нельзя выводить какихъ бы то ни было заключеній.

Итакъ, въ случаѣ отклоняемыхъ лучей  $\beta$  радія, какъ и въ случаѣ лучей катодныхъ, лучи переносятъ электричество. Однако до сихъ поръ никто никогда не зналъ о существованіи электрическихъ зарядовъ, не связанныхъ съ матеріей. При изученіи отклоняемыхъ лучей  $\beta$  радія пришлось воспользоваться той же самой теоріей, которую пользуются въ настоящее время и для изученія катодныхъ лучей. По этой теоріи, высказанной Вильямомъ Круксомъ, а затѣмъ развитой и дополненной Дж.-Дж. Томсономъ, катодные лучи состоятъ изъ мельчайшихъ частичекъ, несущихся съ громаднѣйшею скоростью отъ катода и заряженныхъ отрицательнымъ электричествомъ. Точно также можно думать, что и радій посылаетъ въ пространство отрицательно заряженные частицы.

Кусочекъ радія, заключенный въ твердую, тонкую, совершенно изолирующую оболочку, долженъ заряжаться самъ собою до очень высокаго потенціала. По этой гипотезѣ, потенціалъ будетъ увеличиваться до тѣхъ поръ, пока разность потенціаловъ на окружающихъ проводникахъ не сдѣлается достаточною для того, чтобы воспрепятствовать удаленію испускаемыхъ наэлектризованныхъ частицъ, и не станетъ снова возвращать ихъ къ радіирующему источнику.

Случайно намъ удалось осуществить опытъ, о которомъ здѣсь идетъ рѣчь. Небольшое количество очень активнаго радія давно уже было заключено въ стеклянную ампулку. Чтобы открыть ее, мы сдѣлали на стеклѣ съ помощью приборчика для рѣзанія стекла надрѣзку. Въ этотъ моментъ мы услышали слабый трескъ искры, а наблюдая затѣмъ ампулку въ лупу, замѣтили, что въ томъ мѣстѣ, гдѣ стекло было благодаря надрѣзку тоньше, оно пробуравливалось искрой. Явленіе, имѣвшее мѣсто въ данномъ случаѣ, было совершенно подобно тому, что происходитъ при растрескиваніи слишкомъ сильно заряженной стеклянной лейденской банки.

То же явленіе произошло и съ другою ампулкой. Мало того:

въ моментъ появленія искры державшій ампульку Кюри почувствовали въ пальцахъ легкій электрическій ударъ, обусловливаемый разрядомъ.

Нѣкоторые стекла обладаютъ прекрасными изолирующими свойствами. Если радій помѣтитъ въ ампулку изъ закаленнаго и хорошо изолирующаго стекла, то можно добиться того, что эта ампулька долетѣтъ въ нѣкоторый моментъ сама собою.

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

*Дѣйствіе электрическаго поля на отклоняемые лучи  $\beta$  радія.*—Отклоняемые лучи  $\beta$  радія, будучи подобны лучамъ катоднымъ, должны отклониться электрическимъ полемъ совершенно также, какъ и эти послѣдніе, т. е. какъ еслибы они состояли изъ матеріальныхъ отрицательно заряженныхъ частицъ, движущихся съ громадною скоростью въ пространствѣ. Существованіе этого отклоненія было показано сперва Дорномъ <sup>1</sup>, а затѣмъ и Беккерелемъ <sup>2</sup>.

Разсмотримъ лучъ, проходящій въ пространствѣ, находящемся между пластинками конденсатора. Представимъ себѣ, что направленіе луча параллельно пластинкамъ. Когда между этими послѣдними устанавливается токъ, лучъ подвергается дѣйствию однороднаго поля по всему пути своего распространенія въ конденсаторѣ, по всей длинѣ  $l$ . Въ силу этого дѣйствія, лучъ отклоняется къ положительной пластинкѣ и описываетъ параболическую дугу; выходя изъ поля, онъ распространяется затѣмъ прямолинейно, идя по касательной къ дугѣ параболы въ точкѣ своего выхода. Лучъ этотъ можно воспринять на фотографическую пластинку, поставленную перпендикулярно къ его первоначальному направленію. Замѣчаютъ получившійся на пластинкѣ отпечатокъ, когда поле равно нулю, и когда оно имѣетъ извѣстную величину; отсюда выводятъ величину отклоненія  $\delta$ , представляющаго собою разстояніе другъ отъ друга тѣхъ точекъ, въ которыхъ первоначальное направленіе луча и новое его направленіе встрѣчаютъ одну и ту же плоскость, нормальную къ первоначальному направленію. Если  $h$  есть разстояніе этой плоскости отъ конденсатора, т. е. отъ границы поля, то по простому вычисленію оказывается, что:

$$\delta = \frac{eEl \left( \frac{l}{2} + h \right)}{mv^2}.$$

<sup>1</sup> Dorn, A b h. Halle, мартъ 1900 г.

<sup>2</sup> Becquerel, Comptes rendus, т. CXXX, стр. 819.

гдѣ  $m$  — масса движущейся частицы,  $e$  — ея зарядъ,  $v$  — скорость и  $H$  — величина поля.

Опыты Беккереля позволили ему дать приблизительную величину  $\delta$ .

*Отношеніе заряда къ массѣ для заряженной отрицательно частицы, испускаемой радіемъ.* — Если матеріальная частица, имѣющая массу  $m$  и отрицательный зарядъ  $e$ , летитъ со скоростью  $v$  въ однородномъ магнитномъ полѣ, нормальномъ къ ея начальной скорости, то она описываетъ въ плоскости, перпендикулярной къ полю и проходящей черезъ начальную скорость, дугу круга радіуса  $\rho$ , такъ что, если  $H$  есть величина поля, существуетъ слѣдующее отношеніе:

$$H\rho = \frac{m}{e} v.$$

Если для нѣкотораго луча измѣрить электрическое отклоненіе  $\delta$  и радіусъ кривизны  $\rho$  въ магнитномъ полѣ, то по этимъ двумъ даннымъ можно вычислить величины отношенія  $\frac{e}{m}$  и скорости  $v$ .

Первое указаніе на это было дано опытами Беккереля. Они дали для отношенія  $\frac{e}{m}$  приближенную величину въ  $10^7$  абсолютныхъ электромагнитныхъ единицъ, а для скорости  $v$  — величину, равную  $1,6 \times 10^{10}$ . Величины эти — того же порядка, что и аналогичныя величины для катодныхъ лучей.

Точные опыты по данному предмету были сдѣланы Кауфманомъ<sup>1</sup>. Этотъ физикъ подвергнулъ очень узкій пучокъ радіевыхъ лучей одновременному дѣйствию электрическаго и магнитнаго поля, причемъ оба эти поля были однородны и имѣли одно и то же направленіе, нормальное къ первоначальному направленію пучка. Изображеніе, получавшееся на пластинкѣ, перпендикулярной къ первоначальному пучку и расположенной за предѣлами поля по отношенію къ источнику, имѣетъ видъ кривой, каждая точка которой соответствуетъ одному изъ лучей первоначальнаго разнороднаго пучка. Лучами, наиболѣе проникающими сквозь тѣла и наименѣе отклоняемыми, являются тѣ, которые обладаютъ наибольшею скоростью.

Въ результатѣ опытовъ Кауфмана оказалось, что для радіевыхъ лучей, скорость которыхъ значительно больше скорости катодныхъ лучей, отношеніе  $\frac{e}{m}$  уменьшается по мѣрѣ увеличенія этой скорости.

<sup>1</sup> Kaufmann, Nachrichten d. k. Gesell. d. Wiss. zu Goettingen, 1901, 2.

Въ сплудь работъ Дж.-Дж. Томсона и Тоунсенда <sup>1</sup>, мы должны приять, что входящая въ составъ луча движущаяся частица обладаетъ зарядомъ  $e$ , равнымъ заряду, переносимому при электролизѣ атомуъ водорода, причеиъ зарядъ этотъ совершенно одинаковъ для веѣхъ лучей. Однако естѣ нѣкоторыя основанія и для того заключенія, что при увеличеніи скорости масса частицы  $m$  увеличивается.

Теоретическія же соображенія приводятъ къ мысли, что инерція частицы зависитъ отъ того, что она находится въ состояніи движущагося заряда, причеиъ скорость этого движущагося электрическаго заряда не можетъ измѣняться безъ нѣкоторой затраты энергіи. Иначе говоря, инерція частицы—электромагнитнаго происхожденія, а масса частицы, по крайней мѣрѣ отчасти, является кажущейся или электромагнитною массой. Абраиъ <sup>2</sup> идетъ еще дальше: онъ предполагаетъ, что вообще вся масса частицы естѣ масса электромагнитная. Вычисляя по его гипотезѣ значеніе этой массы  $m$  для известной скорости  $v$ , находимъ, что когда скорость  $v$  приближается къ скорости свѣта, то  $m$  стремится къ безконечности, а когда скорость  $v$  значительно меньше скорости свѣта, то  $m$  стремится къ нѣкоторому постоянному значенію. Опыты Кауфмана вполне согласуются съ результатами этой теоріи, которая имѣетъ очень важное значеніе, такъ какъ позволяетъ предвидѣть возможность установленія основаній механики на динамикѣ небольшихъ заряженныхъ матеріальныхъ центровъ, находящихся въ состояніи движенія <sup>3</sup>.

Вотъ числа, полученныя Кауфманомъ для  $\frac{e}{m}$  и  $v$ :

$\frac{e}{m}$	$v$	
электромагнитныя единицы	см. сек.	
$1,865 \times 10^7$ . . . . .	$0,7 \times 10^{10}$	} для катодныхъ лучей (Симонъ).
$1,31 \times 10^7$ . . . . .	$2,36 \times 10^{10}$	
$1,17$ » . . . . .	$2,48$ »	} для лучей радія (Кауфманъ).
$0,97$ » . . . . .	$2,59$ »	
$0,77$ » . . . . .	$2,72$ »	
$0,63$ » . . . . .	$2,83$ »	

<sup>1</sup> Thomson, Phil. Mag. XLVI, 1898.—Townsend, Phil. Trans. CXCIV, 1901.

<sup>2</sup> Abraham, Nachrichten d. k. Gesell. d. Wiss. zu Goettingen 1902, 1.

<sup>3</sup> Нѣкоторыя подробности, касающіяся этого вопроса, а также очень полное ученіе о заряженныхъ матеріальныхъ центрахъ (электронахъ или корпускулахъ), равно какъ и рефераты относящихся къ этому предмету работъ, находятся въ диссертациіи Лауегвина.

Сравнивая данныя своихъ опытовъ съ теоріей, Кауфманъ пришелъ къ заключенію, что для радіевыхъ лучей, обладающихъ сравнительно незначительною скоростью, предѣльное значеніе отношенія  $\frac{e}{m}$  то же самое, что и для лучей катодныхъ.

Наиболѣе полныя свои опыты Кауфманъ производилъ съ очень маленькимъ зернышкомъ чистаго хлористаго радія, предоставленнымъ нами въ его распоряженіе.

Судя по опытамъ Кауфмана, нѣкоторые лучи  $\beta$  радія обладаютъ скоростью, очень близкою къ скорости свѣта. Понятно, что эти столь быстрые лучи могутъ обладать громаднѣйшею способностью проникать сквозь матерію.

*Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи  $\alpha$ .*—Въ послѣдней своей работѣ <sup>1</sup> Рутерфордъ говоритъ, что въ сильномъ магнитномъ или электрическомъ полѣ радіевые лучи  $\alpha$  слегка отклоняются, какъ если бы они состояли изъ положительно наэлектризованныхъ частицъ, обладающихъ большою скоростью. На основаніи своихъ опытовъ Рутерфордъ приходитъ къ заключенію, что скорость лучей  $\alpha$ —порядка  $2,5 \times 10^9 \frac{\text{см.}}{\text{сек.}}$ , а что порядокъ отношенія  $\frac{e}{m}$  для этихъ лучей  $6 \times 10^3$ , т. е. въ  $10^4$  разъ больше, чѣмъ для отклоняемыхъ лучей  $\beta$ . Далѣе мы увидимъ, что эти заключенія Рутерфорда находятся въ полномъ согласіи съ давно уже извѣстными свойствами излученій  $\alpha$  и даютъ возможность, хотя бы отчасти, говорить о законѣ поглощенія этого рода излученій.

Опыты Рутерфорда были подтверждены Веккерелемъ. Последній показалъ кромѣ того, что лучи полонія, находясь въ магнитномъ полѣ, сильно напоминаютъ лучи  $\alpha$  радія, принимая въ одинаковомъ съ ними полѣ ту же кривизну, что и эти послѣдніе.

Изъ опытовъ Веккереля слѣдуетъ также, что лучи  $\alpha$ , повидному, не образуютъ магнитнаго спектра, а имѣютъ скорѣе видъ сплошнѣ однороднаго излученія, всѣ лучи котораго отклоняются одинаково <sup>2</sup>.

Де-Кудръ измѣрилъ электрическое и магнитное отклоненія радіевыхъ лучей  $\alpha$  въ пустотѣ и нашелъ, что скорость этихъ лучей есть  $v = 1,65 \times 10^9 \frac{\text{см.}}{\text{сек.}}$ , а отношеніе заряда къ массѣ  $\frac{e}{m} = 6400$  въ электромагнитныхъ единицахъ <sup>3</sup>. Скорость лучей  $\alpha$  при-

<sup>1</sup> Rutherford, Physik. Zeitschrift, 15 января 1903 г.

<sup>2</sup> Becquerel, Comptes rendus, 26 января и 16 февраля 1903 г.

<sup>3</sup> Des Coudres, Physik. Zeitschrift, 1 июня 1903 г.

близительно въ 20 разъ меньше скорости свѣта. Порядокъ отношенія  $\frac{e}{m}$  тотъ же, что и найденный для водорода при электролизѣ:  $\frac{e}{m} = 9650$ . Если положить, что зарядъ каждой частицы такой же, какой и у атома водорода при электролизѣ, то оказывается, что порядокъ массы такой частицы будетъ одинаковымъ съ порядкомъ массы атома водорода.

Мы только что видѣли, что для катодныхъ лучей и для болѣе медленныхъ лучей  $\beta$  радія отношеніе  $\frac{e}{m}$  равно  $1,865 \times 10^7$ ; это отношеніе приблизительно въ 2000 разъ больше отношенія, получающагося при электролизѣ. Если зарядъ отрицательно заряженной частицы считать одинаковымъ съ зарядомъ атома водорода, то ея предѣльная масса при относительно незначительныхъ скоростяхъ должна была бы быть почти въ 2000 разъ меньше массы атома водорода.

Что касается частицъ, образующихъ лучи  $\beta$ , то, по сравненію съ частицами лучей  $\alpha$ , онѣ и меньше этихъ послѣднихъ, и обладаютъ вмѣстѣ съ тѣмъ болѣею скоростью. Поэтому становится легко понятнымъ тотъ фактъ, что первыя изъ нихъ обладаютъ гораздо болѣею способностью проникать сквозь тѣла, чѣмъ послѣднія.

*Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи другихъ радиоактивныхъ веществъ.*—Итакъ, мы видѣли, что радій испускаетъ: лучи  $\alpha$ , подобныя закатоднымъ лучамъ, лучи  $\beta$ , одинаковыя съ лучами катодными, и лучи  $\gamma$ , неотклоняемыя и обладающіе способностью проникать сквозь тѣла. Полоній испускаетъ только  $\alpha$ -лучи. Среди другихъ радиоактивныхъ веществъ, повидимому, одинаковымъ съ радіемъ является актиній, но ученіе объ излученіяхъ этого тѣла еще не достигло той степени развитія, на какой стоитъ ученіе объ излученіяхъ радія. Что же касается слабо радиоактивныхъ веществъ, то въ настоящее время извѣстно, что уранъ и торій испускаютъ какъ  $\alpha$ -лучи, такъ и отклоняемыя лучи  $\beta$  (Вебкерель, Рутерфордъ).

*Относительное количество отклоняемыхъ лучей  $\beta$  въ излученіяхъ радія.*—Я уже говорила, что, по мѣрѣ удаленія отъ радірующаго источника, относительное количество лучей  $\beta$  увеличивается. Впрочемъ, во всякомъ случаѣ лучи эти никогда не бывають единственными, такъ какъ и на большихъ разстояніяхъ всегда наблюдается присутствіе лучей  $\gamma$ . Присутствіе въ радіевыхъ излученіяхъ неотклоняемыхъ лучей, обладающихъ незначительною способностью проникать сквозь тѣла, въ первый разъ наблюдалось Вид-



ларомъ<sup>1</sup>. Лучи эти составляютъ ничтожную часть излученія, измѣряемаго по электрическому методу, и присутствіе ихъ въ первыхъ нашихъ опытахъ совершенно ускользнуло отъ насъ, такъ что мы тогда совершенно невѣрно думали, что на большомъ разстояніи излученіе содержитъ только отклоняемые лучи.

Вотъ численные результаты, полученные въ опытахъ, производившихся по электрическому методу съ помощью прибора, аналогичнаго изображенному на рисункѣ 5-мъ. Радій отдѣлялся отъ конденсатора только окружающимъ воздухомъ. Я означаю буквою *d* разстояніе радірующаго источника отъ конденсатора. Считаю токъ, получающійся для любого разстоянія безъ магнитнаго поля, равнымъ 100, надо на числа во второй строцкѣ смотрѣть, какъ на мѣру тока, возникающаго при дѣйствіи магнитнаго поля. Числа эти можно разсматривать, какъ такія, которыя даютъ процентное содержаніе лучей  $\alpha$  и  $\gamma$ , такъ какъ—при томъ расположеніи опыта, какимъ мы пользовались—отклоненія лучей  $\alpha$  нельзя было наблюдать вовсе.

При большихъ разстояніяхъ лучи  $\alpha$  совершенно отсутствуютъ, а неотклоненное излученіе состоитъ тогда исключительно изъ  $\gamma$ -лучей.

Опыты, сдѣланные на небольшомъ разстояніи:

<i>d</i> въ сантиметрахъ . . . . .	3,4	5,1	6,0	6,5
%-ное содерж. неотклоненныхъ лучей .	74	56	33	11

Опыты, производившіеся на большомъ разстояніи, и притомъ со значительно болѣе активнымъ препаратомъ, чѣмъ тотъ, который служилъ для предыдущаго ряда опытовъ:

<i>d</i> въ сантиметрахъ . . . . .	14	30	53	80	98	124	157
%-ное содерж. отклонившихся лучей .	12	14	17	14	16	14	11

Мы видимъ, что, начиная съ нѣкотораго разстоянія, относительное количество неотклонившихся лучей въ излученіи приблизительно постоянно. Вѣроятно, всѣ эти лучи принадлежать къ группѣ  $\gamma$ . Измѣренія можно было вести до разстоянія въ 1,57 метра отъ радірующаго источника; въ настоящее же время мы могли бы идти еще дальше.

Вотъ другой рядъ опытовъ, въ которыхъ радій находился въ узенькой стеклянной трубчкѣ, расположенной подъ конденсаторомъ, параллельно его пластинамъ. Прежде чѣмъ войти въ конденсаторъ, испускаемые радіемъ лучи должны были пройти сквозь нѣкоторую толщю стекла и воздуха.

<i>d</i> въ сантиметрахъ . . . . .	2,5	3,3	4,1	5,9	7,5	9,6	11,3	13,9	17,2
%-ное содерж. неотклонившихся лучей .	33	33	21	16	14	10	9	9	10

<sup>1</sup> Villard, Comptes rendus, т. CXXX, стр. 1010.

Какъ и въ предыдущихъ опытахъ, числа второй строки, съ возрастаніемъ разстоянія  $d$ , стремятся къ нѣкоторому постоянному значенію, но этотъ предѣлъ болѣе или менѣе достигается при разстояніяхъ меньшихъ, чѣмъ въ предыдущихъ опытахъ, потому что стекло поглощаетъ лучи  $\alpha$  сильнѣе, чѣмъ  $\beta$  и  $\gamma$ .

Вотъ еще одинъ опытъ, показывающій, что тонкая алюминіевая пластинка (въ 0,01 мм. толщиной) поглощаетъ главнымъ образомъ лучи  $\alpha$ . Если радиоактивное вещество находится въ 5 см. отъ конденсатора, то при дѣйствіи магнитнаго поля оказывается, что относительное содержаніе иныхъ лучей, чѣмъ лучи  $\beta$ , составляетъ 71 процентъ. Если же, при томъ же самомъ разстояніи, то же самое вещество покрыть алюминіевой пластинкой, то оказывается, что магнитное поле отклонитъ почти все лучи, прошедшіе сквозь пластинку, такъ какъ эта послѣдняя поглотила лучи  $\alpha$ . Тотъ же результатъ получается и при употребленіи бумаги въ качествѣ поглощающаго экрана.

Большая часть излученій радія состоитъ изъ лучей  $\alpha$ , которые испускаются, вѣроятно, вообще говоря, поверхностнымъ слоемъ радіирующей матеріи. При измѣненіи толщины слоя послѣдней, а именно при увеличеніи его, увеличивается и сила тока; увеличеніе же это пропорціонально возрастанію толщины слоя не для всехъ лучей; оно болѣе замѣтно для лучей  $\beta$ , чѣмъ для  $\alpha$ -лучей, такъ что съ возрастаніемъ толщины активнаго слоя увеличивается и относительное количество лучей  $\beta$ . Если радіирующій источникъ находится въ 5 см. разстоянія отъ конденсатора, то оказывается, что для толщины активнаго слоя, равной 0,4 мм., все излученіе выражается числомъ 28, а относительное количество лучей  $\beta$  составляетъ 29 процентовъ. Если сдѣлать толщину активнаго слоя равною 2 мм., т. е. увеличить ее въ 5 разъ, то все излученіе стаетъ равнымъ 102, а относительное содержаніе отклоняемыхъ лучей  $\beta$  составитъ 45 процентовъ. Все излученіе, имѣющее мѣсто при такомъ же разстояніи, увеличится въ отношеніи 3,6, а отклоняемыхъ лучей  $\beta$  станетъ больше почти въ 5 разъ.

Вышеупомянутые опыты производились по электрическому методу. Если имѣть дѣло съ методомъ радиографическимъ, то нѣкоторые результаты какъ будто бы нѣсколько противорѣчатъ тому, о чемъ только что говорилось. Въ опытахъ Виллара пучокъ радіевыхъ лучей, находившійся подъ дѣйствіемъ магнитнаго поля, воспринимался на рядъ положенныхъ другъ на друга фотографическихъ пластинокъ. Не отклоняемый и легко проникающій сквозь тѣла пучокъ  $\gamma$  прошелъ черезъ все пластинки и на каждой изъ нихъ далъ свой

елѣдь. Что же касается отклоняемаго пучка  $\beta$ , то онъ далъ отпечатокъ только на первой пластинкѣ. Этотъ пучокъ какъ будто совѣкъ не содержитъ въ себѣ лучей, обладающихъ высокою степенью способности проникать сквозь тѣла.

Въ нашихъ же опытахъ распространившійся въ воздухѣ пучокъ содержалъ на самыхъ большихъ, доступныхъ наблюденію, разстояніяхъ около  $\frac{9}{10}$  отклоняемыхъ лучей  $\beta$ , и это даже еще при томъ условіи, что радіирующее вещество находилось въ западной стеклянной ампулкѣ. Что касается опытовъ Виллара, то эти отклоняемые и проникающіе сквозь тѣла лучи дѣйствуютъ только на первую фотографическую пластинку, потому что первое же встрѣченное ими твердое препятствіе разсѣиваетъ ихъ во все стороны, и они уже перестаютъ образовывать пучокъ. Въ нашихъ опытахъ испускавшіеся радіемъ и проходившіе черезъ стекло ампулки лучи, вѣрнѣе, также разсѣивались стекломъ; но такъ какъ ампулка была очень маленькою, то она сама служила источникомъ исходящихъ съ ея поверхности отклоняемыхъ лучей  $\beta$ , и мы могли наблюдать эти послѣдніе даже въ довольно большомъ отъ нея разстояніи.

Катодные лучи кружковыхъ трубокъ могутъ проходить только сквозь очень тонкіе экраны (напр., алюминіевые въ 0,01 мм. толщиною). Пучокъ лучей, падающихъ нормально на экранъ, разсѣивается по всемъ направленіямъ; но разсѣиваніе это тѣмъ слабѣе, чѣмъ тоньше экранъ, а если экранъ очень тонокъ, то выходящій съ задней стороны его пучокъ практически составляетъ продолженіе пучка падающаго <sup>1</sup>.

То же самое происходитъ и съ отклоняемыми  $\beta$ -лучами радія, съ тою только разницею, что отклоняемый пучокъ, прошедшій сквозь толщю такого же экрана, претерпѣваетъ гораздо менѣе значительное измѣненіе. Судя по опытамъ Беккереля, очень сильно отклоняемые лучи  $\beta$  радія (тѣ, скорость которыхъ относительно невелика) сильно разсѣиваются алюминіевымъ экраномъ въ 0,1 мм. толщиною; что же касается лучей, обладающихъ способностью проникать сквозь тѣла и мало отклоняемыхъ (т. е. лучей вродѣ катодныхъ съ большою скоростью), то они проходятъ черезъ тотъ же самый экранъ безъ какого бы то ни было замѣтнаго разсѣянія: какъ бы ни былъ экранъ наклоненъ къ образуемому ими пучку, послѣдній не подвергается никакой деформаци. Лучи  $\beta$ , обладающіе большою скоростью, проходятъ безъ разсѣянія гораздо большую толщю парафина (нѣ-

<sup>1</sup> Des Coudres, Physik. Zeitschrift, ноябрь 1902 г.

сколько сантиметров), причемъ въ этомъ послѣднемъ можно даже прослѣдить искривленіе пучка, производимое магнитнымъ полемъ. Чѣмъ толще экранъ, и чѣмъ больше поглощательная способность вещества, изъ котораго онъ сдѣланъ, тѣмъ большому измѣненію подвергается падающій на него пучокъ, потому что, по мѣрѣ возрастанія толщи экрана, диффузія начинаетъ отзываться на все новыхъ и новыхъ группахъ лучей, обладающихъ все большею и большею способностью проникать сквозь тѣла.

Воздухъ производитъ въ проходящихъ черезъ него  $\beta$ -лучахъ радія диффузію, которая очень сильно отзывается на лучахъ, могущихъ подвергаться значительному отклоненію, но которая, однако, гораздо меньше диффузіи, обусловливаемой прохожденіемъ тѣхъ же лучей сквозь такія же толщи твердаго вещества. По этой-то причинѣ отклоняемые  $\beta$ -лучи радія и распространяются въ воздухѣ на большія разстоянія.

*Способность излученій радиоактивныхъ тѣлъ проходить сквозь вещество.*—Съ самаго начала изслѣдованій радиоактивныхъ тѣлъ особое вниманіе обращалось на поглощеніе испускаемыхъ ими лучей различными экранами. Въ первой своей замѣткѣ <sup>1</sup>, касающейся этого вопроса, мною было дано нѣсколько чиселъ, приведенныхъ и въ началѣ настоящей книги, которыя указываютъ на относительную способность урановыхъ и торіевыхъ лучей проходить сквозь тѣла. Рутерфордъ изучалъ радіаціи урана очень подробно <sup>2</sup> и доказалъ, что онѣ весьма разнородны. Оуэнсъ <sup>3</sup> пришелъ къ такимъ же заключеніямъ и относительно торіевыхъ лучей. Когда затѣмъ послѣдовало открытіе сильно радиоактивныхъ веществъ, то многіе физики (Беккерель, Мейеръ и фонъ-Швейдлеръ, Бюри, Рутерфордъ) стали изучать способность проникать сквозь тѣла и ихъ лучей. Первые же наблюденія показали съ очевидностью, что подобныя излученія разнородны, и что это есть свойство, общее всѣмъ радиоактивнымъ веществамъ <sup>4</sup>. Всѣ они оказались источникомъ цѣлаго ряда радіацій, изъ которыхъ каждая обладаетъ особою, свойственною ей, способностью проникать сквозь тѣла. Вопросъ усложняется тѣмъ фактомъ, что надо еще изслѣдовать, въ какой мѣрѣ можетъ измѣняться природа радіаціи, при прохо-

<sup>1</sup> M-me Curie, Comptes rendus, апрѣль 1898 г.

<sup>2</sup> Rutherford, Phil. Mag., январь 1899 г.

<sup>3</sup> Owens, Phil. Mag., октябрь 1899 г.

Becquerel, Rapports au Congrès de Physique, 1900.—  
Meyer u. von Schweidler, Comptes rendus de l'Acad. de Vienne, мартъ 1900 г. (Physik. Zeitschrift, I, стр. 209):

жденіи ея черезъ матеріальныя вещества, и что, слѣдовательно, каждый рядъ измѣреній имѣетъ точное значеніе лишь при данной постановкѣ опыта.

Лишь при такихъ оговоркахъ можно начать стремиться къ согласованію между собою различныхъ опытовъ и къ болѣе общему изученію всѣхъ полученныхъ результатовъ.

Радиоактивныя тѣла испускаютъ лучи, распространяющіеся какъ въ воздухѣ, такъ и въ пустотѣ. Распространеніе ихъ прямолинейно; этотъ фактъ доказывается отчетливымъ изображеніемъ тѣнной непрозрачныхъ для излученій тѣлъ, помѣщавшихся между радіирующимъ источникомъ и чувствительной пластинкой или служившимъ пріемникомъ флюоресцирующимъ экраномъ, причемъ размѣры источника были очень невелики сравнительно съ его разстояніемъ отъ пріемника. Различные опыты, доказывающіе прямолинейное распространеніе лучей, испускаемыхъ ураномъ, радіемъ и полоніемъ, были произведены Беккерелемъ <sup>1</sup>.

Интересно знать, на какое, начиная отъ источника, разстояніе могутъ лучи распространяться въ воздухѣ. Мы нашли, что радій испускаетъ лучи, которые можно наблюдать въ воздухѣ въ нѣсколькихъ метрахъ разстоянія. Въ нѣкоторыхъ изъ нашихъ электрическихъ измѣреній дѣйствіе источника на конденсаторъ чувствовалось на разстояніи отъ 2 до 3 метровъ. На разстояніяхъ такого же порядка мы получали также и явленія флюоресценціи, равно какъ и радиографическіе снимки. Эти опыты можно легко производить только съ очень сильными радиоактивными источниками, потому что, не говоря уже о поглощеніи лучей воздухомъ, дѣйствіе ихъ на данный пріемникъ измѣняется по закону обратной пропорціональности квадрату разстоянія его отъ источника, имѣющаго небольшіе размѣры. Распространяющіеся на большое разстояніе отъ радія излученія содержатъ какъ лучи, аналогичные катоднымъ, такъ и неотклоняемые лучи; впрочемъ, судя по опытамъ, на которые я указывала выше, отклоняемые лучи имѣютъ значительный перевѣсъ. Что же касается другой, очень большой части излученія (лучей  $\alpha$ ), то она въ воздухѣ, напротивъ того, ограничивается разстояніемъ отъ источника, приблизительно въ 7 сантиметровъ.

Мною было произведено нѣсколько опытовъ съ радіемъ, заключеннымъ въ маленькую стеклянную ампулку. Выходившіе изъ этой ампулки лучи проходили нѣкоторое пространство по воздуху и воспринимались конденсаторомъ, служившимъ для измѣренія ихъ іони-

<sup>1</sup> Becquerel, Comptes rendus, CXXX, стр. 979 и 1154.

зирующей способности по обыкновенному электрическому методу. Мѣнялось разстояніе  $d$  отъ источника до конденсатора, и измѣрялся токъ насыщенія  $i$ , получавшійся въ послѣднемъ. Вотъ результаты одного ряда измѣреній:

$d$ см.	$i$	$(i \times d^2) \times 10^{-3}$ .
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

Начиная съ нѣкотораго разстоянія, интенсивность излученія замѣтнымъ образомъ мѣняется въ зависимости обратной пропорціональности квадратамъ разстояній отъ конденсатора.

Излученія полонія распростираются въ воздухѣ всего лишь на нѣсколько сантиметровъ (4 — 6 см.) разстоянія отъ радирующаго источника.

Разсматривая поглощеніе радіацій твердыми экранами, можно замѣтить еще одно очень важное различіе между радіемъ и полоніемъ. Радій испускаетъ лучи, которые могутъ проходить сквозь большую толщю твердаго вещества, напримѣръ, черезъ нѣсколько сантиметровъ свинца пли стекла<sup>1</sup>. Лучи, прошедшіе сквозь большую толщю твердаго вещества, обладаютъ значительною способностью проходить сквозь тѣла, и практически ихъ нельзя уже поглотить чѣмъ бы то ни было. Но эти лучи составляютъ только небольшую часть всего излученія, громадная масса котораго, напротивъ того, поглощается незначительной толщею твердаго вещества.

Полоній испускаетъ крайне поглощаемые лучи, которые могутъ проходить только сквозь очень тонкіе твердые экраны.

Вотъ, напримѣръ, нѣкоторые числа, относящіеся къ поглощенію, производимому алюминиевой пластинкой въ 0,01 мм. толщиною. Пластинка эта помѣщалась надъ веществомъ и почти въ соприкосновеніи съ нимъ. Непосредственное излученіе и излученіе, прошедшее сквозь пластинку, измѣрялись по электрическому методу (приборъ рис. I); во всѣхъ случаяхъ доходили до тока насыщенія. Принимая активность урана за единицу, я означаю активность радирующаго вещества буквою  $a$ .

<sup>1</sup> M. et M-me Curie, Rapports au Congrès 1900.

	«	Часть излученія, прошедшая сквозь пластинку.
Хлористый радіеосный барій . . . . .	57	0,32
Бромистый » » . . . . .	43	0,30
Хлористый » » . . . . .	1200	0,30
Сѣрникоислый » » . . . . .	5000	0,29
» » » . . . . .	10000	0,32
Висмутъ металлическій съ полоніемъ . . . . .		0,22
Урановыя соединенія . . . . .		0,20
Торіевыя соединенія въ тонкомъ слоѣ . . . . .		0,38

Мы видимъ, что радіеосныя соединенія самой разнообразной природы и активности даютъ вполне аналогичные результаты совершенно также, какъ это было указано мною въ началѣ настоящей книги для соединеній урана и торія. Мы видимъ также, что если разсматривать для данной поглощающей пластинки всю массу излученія, то различныя радіирующія вещества расположатся по своей способности проникать сквозь тѣла въ слѣдующемъ нисходящемъ порядкѣ: торій, радій, полоній и уранъ.

Результаты эти аналогичны съ результатами, опубликованными Рутерфордомъ въ мемуарѣ <sup>1</sup>, относящемся къ этому вопросу.

Между прочимъ, Рутерфордъ находитъ, что порядокъ этотъ будетъ такой въ томъ случаѣ, если поглощающимъ веществомъ служитъ воздухъ. Но весьма вѣроятно, что онъ не абсолютно вѣренъ и не остается однимъ и тѣмъ же, а мѣняется въ зависимости отъ природы и толщины данного экрана. Опытъ дѣйствительно показываетъ, что законъ поглощенія одинъ—для полонія и другой—для радія, и что для этого послѣдняго надо разсматривать поглощеніе лучей каждой изъ трехъ группъ отдѣльно.

Полоній предназначается, главнымъ образомъ, для изученія лучей  $\alpha$ , такъ какъ имѣющійся у насъ препаратъ вовсе не испускаетъ никакихъ другихъ лучей. Первый рядъ опытовъ я дѣлала съ образцами свѣже-приготовленнаго полонія, обладающими чрезвычайно активностью. Я нашла, что полоніевые лучи поглощаются тѣмъ больше, чѣмъ больше слой матеріи, черезъ который они прошли <sup>2</sup>. Этотъ странный законъ поглощенія противоположенъ закону, извѣстному для другихъ излученій.

Для изученія полонія я пользовалась нашимъ приборомъ, слу-

<sup>1</sup> Rutherford, Phil. Mag., июль 1902 г.

<sup>2</sup> M-me Curie, Comptes rendus, 8 января 1900 г.

жащимъ для измѣренія электрической проводимости. Онъ устроенъ такимъ образомъ:

Двѣ горизонтальныя пластины конденсатора  $PP'$  и  $P'P'$  (рис. 8) находится въ металлической коробкѣ  $BBBB$ , сообщающей съ зем-

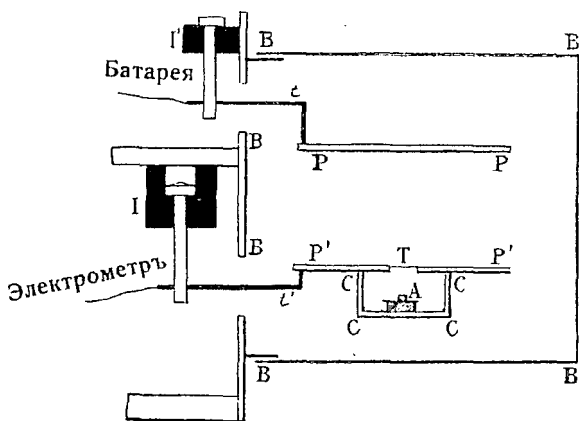


Рис. 8

лю. Активное тѣло  $A$ , лежащее въ толстой металлической коробкѣ  $CCCC$ , дѣйствуетъ на воздухъ конденсатора черезъ металлическую стѣнку  $T$ ; для образованія тока служатъ только тѣ лучи, которые проходятъ черезъ сѣтку, тогда какъ электрическое поле задерживается на сѣткѣ. Разстоянiе  $AT$  активного тѣла отъ сѣтки можно измѣнять. Поле между пластинами устанавливается при посредствѣ батарей; измѣренiе тока производится съ помощью электрометра и пьезоэлектрическаго кварца.

Накладывая въ  $A$  на активное тѣло различные экраны и измѣняя разстоянiе  $AT$ , можно измѣрять поглощенiе лучей, проходящихъ въ воздухѣ болѣе или менѣе значительные пути.

Вотъ результаты, полученные съ полонiемъ:

При опредѣленномъ разстоянiи  $AT$  (въ 4 см. и болѣе) никакого тока не проходитъ: лучи не проникаютъ въ конденсаторъ. При уменьшенiи разстоянiя  $AT$  лучи появляются въ конденсаторѣ достаточно быстро, такъ что, немного уменьшивъ разстоянiе, можно отъ очень слабаго тока перейти къ довольно уже значительному; при дальнѣйшемъ приближенiи радiрующаго источника къ сѣткѣ токъ возрастаетъ правильно.



Если покрыть радіирующее вещество алюмиіевою пластинкой въ  $\frac{1}{100}$  миллиметра толщиною, то образуемое пластинкой поглощеніе будетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше разстояніе АТ.

Если на первую алюмиіевую пластинку положить вторую такую же пластинку, то каждая изъ нихъ поглощаетъ часть воспринимаемаго ею излученія, причемъ для второй пластинки эта часть будетъ больше, чѣмъ для первой, такъ что дѣло происходитъ такъ, какъ еслибы вторая пластинка обладала большею поглощающею способностью.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ мною дано: въ первой строкѣ—выраженныя въ сантиметрахъ разстоянія между полоніемъ и сѣткой Т; во второй строкѣ—процентное количество лучей, проходящихъ черезъ алюмиіевую пластинку; въ третьей строкѣ—процентное количество лучей, проходящихъ черезъ двѣ такія же алюмиіевыя пластинки.

Разстояніе АТ . . . . .	3,5	2,5	1,9	1,45	0,5
%-ное содержаніе лучей, проходящихъ черезъ одну пластинку . . . . .	0	0	5	10	25
%-ное содержаніе лучей, проходящихъ черезъ двѣ пластинки . . . . .	0	0	0	0	0,7

Въ этихъ опытахъ пластины Р и Р' отстояли другъ отъ друга на 3 сантиметра. Мы видимъ, что вставленіе алюмиіевой пластинки уменьшаетъ интенсивность излученія при большихъ разстояніяхъ болѣе значительно, чѣмъ при малыхъ.

Говоря объ этомъ явленіи, нельзя ограничиться одними лишь вышеприведенными числами. Прохожденіе 25 процентовъ при разстояніи въ 0,5 см. представляетъ среднюю величину для всѣхъ прошедшихъ это разстояніе лучей. Если же пластины Р и Р' сблизятся между собою на 0,5 см., то часть излученія, прошедшая черезъ алюмиіевую пластинку (при АТ = 0,5 см.), составитъ 47 процентовъ, а прошедшая черезъ двѣ пластинки дастъ 5 процентовъ первоначальнаго излученія.

Недавно мною былъ сдѣланъ второй рядъ опытовъ съ тѣмъ же самымъ полоніемъ, активность котораго значительно уменьшилась, такъ какъ оба ряда опытовъ были отдѣлены другъ отъ друга промежутокъ времени въ 3 года.

Въ прежнихъ опытахъ полоній былъ въ видѣ основнаго азотнокислаго соединенія; въ теперешнихъ же и его брата въ видѣ металлическихъ зеренъ, полученныхъ черезъ сплавленіе основнаго азотнокислаго соединенія съ ціанистымъ калиемъ.

Я нашла также, что часть излученій, поглощаемая даннымъ

экраномъ, возрастаетъ съ увеличеніемъ толщины вещества, черезъ которое эти излученія уже прошли, причемъ подобное явленіе имѣеть мѣсто, начиная съ нѣкоторой опредѣленной величины разстоянія  $AT$ . Когда это разстояніе равно нулю (если полоній находится совсѣмъ передъ сѣткой, внутри или вѣкъ конденсатора), то оказывается, что каждый изъ наложенныхъ другъ на друга вполне одинаковыхъ экрановъ поглощаетъ одну и ту же часть воспринимаемаго имъ излученія; иначе говоря, интенсивность излученія уменьшается въ такомъ случаѣ по показательному закону въ функціи толщины проходимою излученіемъ матеріи. Дѣло обстоитъ такъ, какъ еслибы излученіе было однородно и проходило черезъ пластинку безъ всякаго измѣненія своихъ свойствъ.

Вотъ нѣсколько числовыхъ данныхъ, относящихся къ этимъ опытамъ:

При разстояніи  $AT$ , равномъ 1,5 см., тонкій алюмиіевый экранъ пропускаетъ 0,51 воспринимаемаго имъ излученія, если онъ—одинъ; если же передъ нимъ находится другой подобный же экранъ, то онъ пропускаетъ только 0,34 воспринимаемаго излученія.

При разстояніи же  $AT$ , равномъ нулю, тотъ же самый экранъ въ обоихъ случаяхъ пропускаетъ одну и ту же часть воспринимаемаго имъ излученія, равную 0,71; здѣсь она, слѣдовательно, больше, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ.

Если при разстояніи  $AT$ , равномъ нулю, взять нѣсколько очень тонкихъ, наложенныхъ другъ на друга экрановъ, то получатся нижеприведенныя числа, показывающія для каждаго экрана отношеніе пропущеннаго излученія къ излученію воспринятому:

Рядъ изъ 9 очень тонкихъ мѣдныхъ листочковъ.	Рядъ изъ 7 очень тонкихъ алюмиіевыхъ листочковъ.
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	

Разъ только можно пользоваться очень тонкими экранами и можно накладывать ихъ другъ на друга до соприкосновенія, то на числа каждаго столбца можно смотрѣть, какъ на постоянныя; что

касается алюминія, то первое число соотвѣтственнаго столбца указываетъ на болѣе сильное поглощеніе, чѣмъ поглощеніе, указанное слѣдующими числами.

Радіевые  $\alpha$ -лучи вполнѣ одинаковы съ лучами полонія. Эти лучи можно изучать почти совершенно отдѣльно, если только удалить съ помощью магнитнаго поля гораздо болѣе отклоняемые  $\beta$ -лучи; дѣйствительно,  $\gamma$ -лучи, повидимому, очень ничтожны сравнительно съ лучами  $\alpha$ . Во всякомъ случаѣ оперировать такимъ образомъ можно, только качивая съ нѣкотораго опредѣленнаго разстоянія отъ радірующаго источника. Вотъ результаты такого рода опыта. Была измѣрена часть излученія, пропущенная алюминіевой пластинкой въ 0,01 мм. толщиною; эта пластинка всегда помѣщалась подъ радірующимъ источникомъ и въ небольшомъ отъ него разстояніи. Посредствомъ прибора, изображеннаго на рис. 5, наблюдался токъ, образовавшійся въ конденсаторѣ при различныхъ разстояніяхъ AD, какъ съ пластинкой, такъ и безъ нея.

Разстояніе AD . . . . .	6,0	5,1	3,4
%-ное содерж. лучей, пропущенныхъ алюминіемъ . . . . .	3	7	24

Наиболѣе поглощаются алюминіемъ тѣ лучи, которые проходили наибольшее разстояніе въ воздухѣ. Существуетъ громадная аналогія между поглощаемою частью  $\alpha$ -излученія радія и лучами полонія.

Что же касается отклоняемыхъ  $\beta$ -лучей и лучей  $\gamma$ , неотклоняемыхъ, но легко проходящихъ сквозь тѣла, то они совершенно иные. Опыты различныхъ физиковъ, а главнымъ образомъ Мейера и Швейдлера<sup>1</sup>, показываютъ, что при разсматриваніи всей совокупности радіевыхъ излученій оказывается, что способность этихъ излученій проходить сквозь тѣла увеличивается при увеличеніи толщины проходимаго вещества,—что имѣеть мѣсто и для лучей Рѣнтгена. Въ этихъ опытахъ роль лучей  $\alpha$  совершенно ничтожна, такъ какъ на практикѣ ихъ уничтожаютъ очень тонкіе поглощающіе экраны. Проходятъ же, во первыхъ, болѣе или менѣе разсѣиваемые  $\beta$ -лучи, а во вторыхъ—лучи  $\gamma$ , которые, повидимому, аналогичны лучамъ Рѣнтгена.

Вотъ результаты нѣсколькихъ моихъ опытовъ касательно этого вопроса:

Радій находился въ стеклянной ампулкѣ. Выходящіе изъ ампулки лучи проходятъ сквозь 30-сантиметровую толщю воздуха и попадаютъ на рядъ стеклянныхъ пластинокъ въ 1,3 мм. толщиною

каждая; первая пластинка пропускаетъ 49 процентовъ воспринимаемаго излученія, вторая—84 и третья—85.

Въ послѣдующихъ опытахъ радій находилси въ стеклянной ампулкѣ, отстоявшей на 10 см. отъ воспринимающаго лучи конденсатора. На ампулку накладывался рядъ одинаковыхъ свинцовыхъ экрановъ, въ 0,115 мм. толщины каждый.

Приводимыя ниже числа даютъ для каждой изъ слѣдующихъ другъ за другомъ пластинокъ отношеніе прошедшаго излученія къ излученію воспринятому. Вотъ эти числа:

0,40 0,60 0,72 0,79 0,89 0,92 0,94 0,94 0,97

Для четырехъ свинцовыхъ экрановъ, толщина каждаго изъ которыхъ равнялась 1,5 мм., отношеніе пропущеннаго излученія къ излученію воспринятому выражается для каждой пластинки слѣдующими числами:

0,09 0,78 0,84 0,82

Изъ этихъ опытовъ выходитъ, что, когда толщина проходимаго излученіемъ свинцоваго слоя увеличивается отъ 0,1 мм. до 6 мм., то увеличивается и способность излученія проходить сквозь тѣла.

Я нашла, что въ указанныхъ условіяхъ опыта свинцовый экранъ въ 1,8 см. толщиной пропускаетъ 2 процента воспринимаемыхъ лучей; свинцовый экранъ въ 5,3 см. толщиной пропускаетъ еще 0,4 процента воспринимаемаго излученія. Мною было найдено также, что въ излученіи, пропущенномъ толщею свинца въ 1,5 мм., содержится очень много отклоняемыхъ лучей (порядка катодныхъ). Эти же послѣдніе могутъ проходить не только черезъ большіе слои воздуха, но и черезъ значительную толщу сильно поглощающихъ твердыхъ веществъ, къ каковымъ относится, напр., свинецъ.

Если поглощеніе, обнаруживаемое алюминиевой пластинкой въ 0,01 мм. толщиной по отношенію ко всей массѣ радіевыхъ излученій, изучать съ помощью прибора, изображеннаго на рис. 5-мъ, помѣщая пластинку все время въ одинаковомъ разстояніи отъ радіирующаго вещества, а конденсаторъ—въ переменномъ разстояніи AD, то въ результатѣ получается накладываніе другъ на друга всего того, что обусловливается тремя группами излученій. Если наблюденія производить при большомъ разстояніи, то преобладаютъ лучи, легко проникающіе сквозь тѣла, и поглощеніе слабо; если же дѣлать наблюденія при маломъ разстояніи, то преобладающими являются лучи  $\alpha$ , и поглощеніе будетъ тѣмъ слабѣе, чѣмъ ближе находится вещество; при нѣкоторомъ промежуточномъ разстояніи поглощеніе

проходить черезъ максимумъ, а способность проходить сквозь тѣла— черезъ минимумъ.

Разстояніе AD . . . . .	7,1	6,5	6,0	5,1	3,4
%-ное содерж. лучей, пропущенныхъ алюминіемъ. . . . .	91	82	58	41	48

Во всякомъ случаѣ нныя опыты, относящіяся къ поглощенію, даютъ нѣкоторую аналогію между  $\alpha$ -лучами и отклоняемыми лучами  $\beta$ . Такъ, Веккерель показалъ, что поглощающее дѣйствіе твердаго экрана на  $\beta$ -лучи увеличивается съ увеличеніемъ разстоянія отъ экрана до источника, такъ что если на лучи дѣйствуетъ, какъ на рие. 4-мъ, магнитное поле, то экранъ, помѣщенный противъ радирующаго источника, допускаетъ существованіе большей части магнитнаго спектра, чѣмъ тотъ же экранъ, помѣщенный на фотографической пластинкѣ. Такое измѣненіе поглощающаго дѣйствія экрана съ измѣненіемъ разстоянія этого экрана отъ источника аналогично тому, что имѣетъ мѣсто и при лучахъ  $\alpha$ ; измѣненіе это было обнаружено также Мейеромъ и Швейдлеромъ, пользовавшимся флюороскопическимъ методомъ; мы съ г. Кюри наблюдали тотъ же фактъ, пользуясь электрическимъ методомъ. Условія полученія этого явленія еще не были изучены. Однако, если радій находится въ стеклянной трубкѣ и помѣщенъ на достаточно большомъ разстояніи отъ конденсатора, который самъ заключенъ въ коробку изъ тонкаго алюминія, то безразлично, помѣститъ ли экранъ противъ источника или противъ конденсатора: въ обоихъ случаяхъ получится одинъ и тотъ же токъ.

Изученіе  $\alpha$ -лучей привело меня къ мысли, что эти лучи представляютъ собою что-то вродѣ частицъ, летящихъ съ нѣкоторою скоростью и теряющихъ часть своей живой силы при встрѣчѣ тѣхъ или иныхъ препятствій<sup>1</sup>. Лучи эти распространяются, однако, прямолинейно, какъ то было показано Веккерелемъ съ помощью слѣдующаго опыта. Испускающій лучи полоній былъ помѣщенъ въ очень узкомъ прямомъ углубленіи, прорѣзанномъ въ листѣ картона. Такимъ образомъ получался прямолинейный источникъ лучей. Какъ разъ напротивъ источника, параллельно ему и въ 4,9 мм. разстоянія отъ него помѣщалась мѣдная проволока діаметромъ въ 1,5 мм. Въ 8,65 мм. разстоянія помѣщалась параллельная проволока фотографическая пластинка. Черезъ 10 минутъ получалось отчетливое изображеніе геометрической тѣни проволоки. Также хорошо удавался этотъ опытъ и въ томъ случаѣ, если передъ проволокой

<sup>1</sup> M-me Curie, Comptes rendus, 8 января 1900 г.

находился двойной листочек алюминія, через который должны были пройти лучи.

Такимъ образомъ лучи могутъ давать прекрасныя геометрическія тѣни. Опытъ же съ алюминіемъ показываетъ, что эти лучи, проходя черезъ пластинку, не разсѣиваются, и что сама пластинка не испускаетъ, хотя бы и въ небольшомъ количествѣ, никакихъ вторичныхъ лучей, аналогичныхъ вторичнымъ лучамъ лучей Рѣнтгена.

Въ изыскомъ опытѣ, имѣющемъ мѣсто въ сплитарископѣ Брукса<sup>1</sup>, наиболѣе активными являются, повидимому,  $\alpha$ -лучи. Сплитарископъ состоитъ изъ кусочка соли радія, находящагося на концѣ металлической нити, какъ разъ напротивъ экрана, покрытаго фосфоресцирующимъ сѣрпистымъ цинкомъ. Радій расположенъ въ очень небольшомъ разстояніи (около 0,5 мм.) отъ экрана. Та сторона послѣднего, которая обращена къ радію, разсматривается посредствомъ лупы. При этихъ условіяхъ глазу представляется цѣлый дождь свѣтящихся точекъ, которыя все время то появляются, то исчезаютъ. Экранъ имѣетъ видъ звѣзднаго неба. Влестящія точки въ тѣхъ частяхъ экрана, которыя расположены невдалекѣ отъ радія, свѣтятся непрерывно. На это явленіе струи воздуха, повидимому, не оказываетъ никакого вліянія; оно происходитъ и въ пустотѣ; но его уничтожаетъ очень толкій экранъ, помѣщенный между радіемъ и фосфоресцирующимъ веществомъ. Повидимому, описанное явленіе обуславливается наиболѣе поглощаемыми  $\alpha$ -лучами радія.

Можно думать, что появленіе каждой свѣтящейся точки вызывается ударомъ отдѣльной частицы. Такой взглядъ далъ возможность впервые наблюдать особое дѣйствіе частицы, размѣры которой одного порядка съ размѣрами атома.

Свѣтящіяся точки имѣютъ такой видъ, какъ и яркія звѣзды или ультра-микроскопическіе предметы, производящіе на сѣтчаткѣ не отчетливыя изображенія, а одиѣ лишь пятна; а это вполне отвѣчаетъ взгляду, по которому каждая чрезвычайно малая свѣтящаяся точка происходитъ подъ вліяніемъ удара одного только атома.

Что же касается неотклоняемыхъ  $\gamma$ -лучей, обладающихъ способностью проходить сквозь тѣла, то они, повидимому, представляютъ собою иѣчто совершенно иное и аналогичны лучамъ Рѣнтгена. Впрочемъ, ничто не доказываетъ, что въ радіевомъ излученіи не можетъ существовать такихъ же лучей, обладающихъ ничтожною способностью проникать сквозь тѣла, ибо ихъ могли бы замаскировать излученія корпускулярнаго характера.

<sup>1</sup> Chem. News, 3 апрѣля 1903 г.

Мы только что видѣли, насколько сложное явленіе представляетъ собою излученіе радиоактивныхъ тѣлъ. Изученіе его сильно затрудняется тѣмъ обстоятельствомъ, что надо еще изслѣдовать, дѣйствуетъ ли на него матерія только поглощающимъ образомъ, или же она вызываетъ въ немъ и болѣе или менѣе значительныя измѣненія высшего порядка.

Пока относительно этого вопроса извѣстно немного. Во всякомъ случаѣ, если принять, что излученія радія имѣютъ одновременно характеръ и катодныхъ лучей, и лучей Рѣнтгена, то можно думать, что при прохожденіи черезъ экраны они подвергаются нѣкоторымъ измѣненіямъ. Дѣйствительно, извѣстно, что выходящіе изъ кружковой трубки катодные лучи, пройдя черезъ алюминиевое окошечко (опытъ Ленара), сильно разсѣиваются алюминіемъ, и что кромѣ того прохожденіе ихъ черезъ экранъ влечетъ за собой уменьшеніе скорости лучей; такъ, катодные лучи, имѣющіе скорость, равную  $1,4 \times 10^{10}$  сантиметровъ, теряютъ при прохожденіи черезъ слой алюминія въ 0,01 мм. толщиною около 10 процентовъ этой скорости <sup>1</sup>. Извѣстно также, что, встрѣчая нѣкоторое препятствіе, катодные лучи вызываютъ появленіе лучей Рѣнтгена. Эти же послѣдніе, какъ мы знаемъ, образуютъ, встрѣчая то или иное препятствіе, вторичные лучи, представляющіе собою отчасти лучи катодные <sup>2</sup>.

По аналогіи можно думать, что всѣ только что описанныя явленія имѣютъ мѣсто и въ лучахъ, испускаемыхъ радиоактивными веществами.

Изучая прохожденіе лучей полонія черезъ алюминиевый экранъ, Беккерель не наблюдалъ ни образованія вторичныхъ лучей, ни полученія лучей, подобныхъ катоднымъ <sup>3</sup>.

Я старалась обнаружить преобразование полоніевыхъ лучей при употребленіи метода замѣны одного экрана другимъ: лучи проходили черезъ два наложенные другъ на друга экрана  $E_1$  и  $E_2$ . Если при прохожденіи черезъ экраны лучи не трансформируются, то все равно, въ какомъ бы порядкѣ ни были оба экрана. Если же каждый пропускающій лучи экранъ трансформируетъ ихъ, то порядокъ расположенія экрановъ не безразличенъ. Если, напримѣръ, при прохожденіи черезъ свинець лучи становятся болѣе поглощаемыми, а алюминій не оказываетъ на нихъ подобнаго вліянія въ такой же степени, то система свинець-алюминій будетъ менѣе прозрачна, чѣмъ

<sup>1</sup> Des Coudres, *Physik. Zeitschrift*, ноябрь 1902 г.

<sup>2</sup> Sagnac, *Thèse de doctorat*. — Curie et Sagnac, *Comptes rendus*, апрѣль 1900 г.

<sup>3</sup> Becquerel, *Rapports au Congrès de Physique*, 1900.

система алюминій-свинець. Такъ и обстоитъ дѣло съ лучами Рѳитгена.

Мои опыты показываютъ, что подобное явленіе имѣеть мѣсто при лучахъ полонія. Я пользовалась приборомъ, изображеннымъ на рис. 8-мъ. Полоній находился въ коробкѣ СССС, а поглощающіе экраны, непременно очень тонкіе, располагались на металлической сѣткѣ Т.

Экраны	Толщина въ мм.	Наблюден- ный токъ
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 показываютъ, что при прохожденіи черезъ твердый экранъ излученіе подвергается измѣненію. Это заключеніе находится въ полномъ согласіи съ опытами, въ которыхъ изъ двухъ одинаковыхъ, паложениыхъ другъ на друга, металлическихъ пластинъ первая оказывается менѣе поглощающею, чѣмъ вторая. Поэтому вѣроятно, что трансформирующее дѣйствіе экрана тѣмъ больше, чѣмъ дальше этотъ экранъ отъ источника. Это еще не было обнаружено, а природа подобнаго трансформированія еще не была изучена въ подробностяхъ.

Я повторила тѣ же самые опыты съ очень активной солью радія. Результатъ получился отрицательный. Я наблюдала только небольшія измѣненія въ интенсивности радіаціи, проходившей черезъ экраны, порядокъ расположенія которыхъ измѣнялся. Системы испробованныхъ экрановъ были слѣдующія:

	Толщина въ мм.		Толщина въ мм.
Алюминій . . . . .	0,55	Платина. . . . .	0,01
» . . . . .	0,55	Свинець . . . . .	0,1
» . . . . .	0,55	Олово. . . . .	0,005
» . . . . .	1,07	Мѣдь . . . . .	0,05



Алюминій . . . . .	0,55	Латушь . . . . .	0,005
» . . . . .	1,07	Латушь . . . . .	0,005
» . . . . .	0,15	Платина . . . . .	0,01
» . . . . .	0,15	Цинкъ . . . . .	0,05
» . . . . .	0,15	Свинець . . . . .	0,1

Система свинець-алюминій оказыается немного менѣе прозрачною, чѣмъ система алюминій-свинець, но разница невелика.

Такимъ образомъ мы не удалось обнаружить замѣтнаго трансформированія лучей радія. Однако въ различныхъ радиографическихъ опытахъ Беккерель наблюдалъ очень интенсивныя явленія, обусловливаемыя разсѣившимися или вторичными лучами, испускаемыми твердыми экранами, на которые падали лучи радія. Наиболѣе активнымъ съ точки зрѣнія этихъ вторичныхъ излученій веществомъ является, повидному, свинець.

*Ионизирующее дѣйствіе лучей радія на изолирующія жидкости.* — Г. Кюри показаль, что лучи радія и рентгеновскіе дѣйствуютъ на жидкіе диэлектрики, какъ и на воздухъ, т. е. сообщаютъ имъ нѣкоторую электрическую проводимость<sup>1</sup>. Вотъ какъ располагалъ онъ свои опыты (рис. 9).

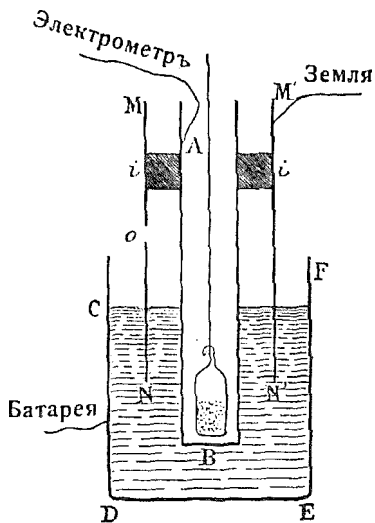


Рис. 9

Посредствомъ пьезоэлектрическаго кварца, служившаго для измѣренія тока, электрометръ удерживался на нулѣ. Соединенная съ

Исследуемая жидкость наливается въ металлическій сосудъ CDEF, въ который погружалась трубка АВ изъ тонкой мѣди; два эти металла служили электродами. Сосудъ поддерживался при нѣкоторомъ определенномъ потенциалѣ, что достигалось съ помощью батареи изъ небольшихъ аккумуляторовъ, одинъ полюсъ которой былъ соединенъ съ землею. Трубка АВ сообщалась съ электрометромъ.

<sup>1</sup> P. Curie, Comptes rendus de l'Academie des Sciences, 17 февраля 1902 г.

землею мѣдная трубка MNM'N' служила предохранителемъ, препятствовавшимъ прохожденію тока черезъ воздухъ. На дно трубки АВ можно было класть ампулку съ солью радіоактнаго барія; лучи дѣйствовали на жидкость, пройдя предварительно черезъ стекло ампулки и черезъ стѣнки металлической трубки. Радіемъ можно дѣйствовать, кладя ампулку подъ стѣнкой DE.

Дѣйствуя лучами Рѣнтгена, ихъ заставляли проходить сквозь стѣнку DE.

Возрастаніе проводимости подъ дѣйствіемъ лучей радія и рѣнтгеновскихъ, повидимому, имѣетъ мѣсто при всѣхъ жидкихъ діэлектрикахъ; но для констатированія этой проводимости надо, чтобы свойственная жидкости проводимость была достаточно мала, дабы дѣйствіе лучей не могло быть замаскировано.

Оперируя съ радіемъ и съ лучами Рѣнтгена, Кюри получила явленія совершенно одного и того же порядка.

Если съ помощью того же самаго прибора изслѣдовать проводимость воздуха или какого либо другого газа подъ вліяніемъ лучей Беккереля, то оказывается, что сила получающагося тока пропорціональна разности потенциаловъ между электродами, пока разность эта не превышаетъ нѣсколькихъ вольтъ; при болѣе же высокихъ напряженіяхъ сила тока возрастаетъ все медленнѣе и медленнѣе, а токъ насыщенія имѣетъ мѣсто при 100 вольтахъ.

Жидкости, изучавшіяся съ помощью одного и того же прибора и при посредствѣ одного и того же очень активнаго продукта, оказываются совершенно различными; сила тока пропорціональна напряженію, когда это послѣднее колеблется въ предѣлахъ отъ 0 до 450 вольтъ, что имѣетъ мѣсто даже и тогда, если разстояніе между электродами не превышаетъ 6 мм. Въ такомъ случаѣ можно считать, что проводимость, вызываемая въ различныхъ жидкостяхъ излученіями соли радія, оказывается въ тождественныхъ условіяхъ.

Если числа нижеприведенной таблицы помножить на  $10^{-14}$ , то они покажутъ проводимость 1 куб. см. въ величинахъ, обратныхъ омамъ:

Сѣроуглеродъ . . . . .	20
Петролейный эфиръ . . . . .	15
Амилъ . . . . .	14
Четыреххлористый углеродъ . . . . .	8
Бензинъ . . . . .	4
Жидкій воздухъ . . . . .	1,3
Вазелиновое масло . . . . .	1,6

Впрочемъ, можно предположить, что происходящее съ жидкостями вполне аналогично тому, что происходитъ съ газами, но что для

жидкостей токъ остается пропорціональнымъ напряженію до гораздо болѣе высокаго предѣла, чѣмъ для газовъ. По аналогіи съ тѣмъ, что имѣетъ мѣсто въ газахъ, можно было стараться понизить предѣлъ пропорціональности, пользуясь гораздо болѣе слабымъ излученіемъ. Опытъ подтвердилъ эту мысль: взятый радирующей препаратъ былъ въ 150 разъ менѣе активенъ, чѣмъ препаратъ, служившій для первыхъ опытовъ. При напряженіяхъ въ 50, 100, 200, 400 вольтъ силы тока выражались чпелами: 109, 185, 255, 335. Когда разность потенциаловъ удваивается, пропорціональности уже нѣтъ, но токъ измѣняется еще достаточно сильно.

Нѣкоторые изъ изслѣдованныхъ жидкостей—болѣе или менѣе совершенные изоляторы, если ихъ температура постоянна, и если они защищены отъ дѣйствія лучей. Такими жидкостями являются: жидкій воздухъ, петролейный эфиръ, вазелиновое масло, амилень. Въ такихъ случаяхъ изучать дѣйствіе лучей очень легко. Вазелиновое масло реагируетъ на дѣйствіе лучей гораздо легче, чѣмъ петролейный эфиръ. Быть можетъ, этотъ фактъ зависитъ отъ разныхъ степеней летучести обоихъ углеводородовъ. Жидкій воздухъ, прокипѣвшій въ теченіе нѣкотораго времени въ сосудѣ, реагируетъ на лучи гораздо легче, чѣмъ воздухъ, только что налитый въ сосудъ. Кюри изучала дѣйствіе лучей на амилень и петролейный эфиръ при температурахъ отъ  $+10^{\circ}$  до  $-17^{\circ}$ . При пониженіи температуры съ  $+10^{\circ}$  до  $-17^{\circ}$  обуславливаемая излученіемъ проводимость уменьшается въ 10 разъ.

Въ опытахъ, въ которыхъ мѣнялась температура жидкости, радій можно было или поддерживать при окружающей температурѣ, или доводить до температуры жидкости; въ обоихъ случаяхъ результатъ былъ одинъ и тотъ же. Зависеть это отъ того, что излученіе радія отъ температуры не мѣняется, оставаясь прежнимъ даже при температурѣ жидкаго воздуха. Этотъ фактъ подтверждается непосредственными измѣреніями.

*Различныя дѣйствія и примненія ионизирующаго вліянія лучей, испускаемыхъ радиоактивными веществами.* — Лучи новыхъ радиоактивныхъ веществъ сильно ионизируютъ воздухъ. Дѣйствуя радіемъ, можно очень легко вызвать сгущеніе пересыщеннаго водяного пара совершенно также, какъ и при дѣйствіи на послѣдній лучами катодными и рентгеновскими.

Подъ вліяніемъ лучей, испускаемыхъ новыми радиоактивными веществами, искровой промежутокъ между двумя металлическими проводниками при данной разности потенциаловъ увеличивается; иначе говоря, дѣйствіе лучей облегчаетъ проска-

квантe искры. Явленіе это обусловливается лучами, обладающими наибольшою способностью проходить сквозь тѣла. Дѣйствительно, если радій заключить въ свинцовую коробку со стѣнками въ 2 см. толщиною, то вліяніе радія на искру ослабляется лишь весьма незначительно, между тѣмъ какъ прошедшее черезъ стѣнки излученіе составляетъ очень ничтожную долю всего излученія.

Подъ дѣйствіемъ радиоактивныхъ веществъ воздухъ, находящійся недалеко отъ двухъ металлическихъ проводниковъ, одинъ изъ которыхъ соединенъ съ землею, а другой—съ хорошо изолированнымъ электрометромъ, становится проводимымъ; электрометръ получаетъ нѣкоторое постоянное отклоненіе, дающее возможность измѣрить электродвижущую силу элемента, состоящаго изъ воздуха и двухъ металловъ (электродвижущую силу контакта двухъ металловъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга воздушнымъ слоемъ). Такимъ методомъ измѣренія пользовался лордъ Кельвинъ и его ученики, причемъ радирующимъ веществомъ былъ уранъ <sup>1</sup>; аналогичный методъ еще раньше примѣнялъ Перренъ, пользовавшійся ионизирующимъ дѣйствіемъ лучей Рѣнтгена <sup>2</sup>.

Радиоактивными веществами можно пользоваться и при изученіи атмосфернаго электричества. Активное вещество помѣщается въ небольшую коробку изъ тонкаго алюминія, укрѣпленную на концѣ металлическаго стержня, соединеннаго съ электрометромъ. Воздухъ возлѣ конца стержня становится проводимымъ, а стержень принимаетъ потенциалъ окружающаго его воздуха. Такимъ образомъ радій замѣняетъ пламя или приборы, употребившіеся до сихъ поръ для изученія атмосфернаго электричества, напр., въ приборѣ лорда Кельвина <sup>3</sup>.

*Явленія флюоресценціи и свѣтovyя.* — Лучи, испускаемые новыми радиоактивными веществами, вызываютъ въ нѣкоторыхъ тѣлахъ флюоресценцію. Прежде всего мы съ г. Кюри открыли это явленіе, дѣйствуя черезъ алюминиевый листочекъ полоніемъ на платино-синеродистый барій. Этотъ опытъ удастся еще лучше, если вмѣсто полонія взять достаточно активный радіеносный барій. Если вещество обладаетъ сильною радиоактивностью, то получающаяся флюоресценція очень красива.

Подъ вліяніемъ лучей Веккерели множество веществъ получаютъ возможность фосфоресцировать или флюоресцировать. Веккерель изу-

<sup>1</sup> Lord Kelvin, Beattie et Smolan, Nature, 1897.

<sup>2</sup> Perrin, Thèse de doctorat.

<sup>3</sup> Paulsen, Rapports au Congrès de Physique, 1900.—Witkowski, Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie, январь 1902 г.

чиль подобное вліяніе этихъ лучей на соли урана, алмазь, обманку и т. д. Вари показалъ, что соли щелочныхъ и щелочноземельныхъ металловъ, которыя всё флюоресцируютъ подъ дѣйствіемъ лучей свѣтовыхъ и рентгеновскихъ, оказываются флюоресцирующими и подъ вліяніемъ лучей радія <sup>1</sup>. Невдалекѣ отъ радія можно наблюдать также флюоресценцію бумаги, ваты, стекла и пр. Изъ различныхъ сортовъ стекла особенно люминесцируетъ стекло тюрингенское. Металлы, повидимому, не люминесцируютъ.

При изученіи излученій радиоактивныхъ тѣлъ по флюороскопическому методу удѣлѣ всего пользоваться платино-синеродистымъ баріемъ. Вліяніе лучей радія сказывается на разстояніяхъ, превышающихъ даже 2 метра. Сильно свѣтится фосфоресцирующій сѣрнистый цинкъ, но это тѣло неудобно, такъ какъ свѣтится нѣкоторое время и послѣ того, какъ дѣйствіе лучей прекратилось.

Производимую радіемъ флюоресценцію можно наблюдать и въ тѣхъ случаяхъ, когда флюоресцирующій экранъ отдѣленъ отъ радія поглощающими экранами. Намъ приходилось наблюдать свѣченіе экрана, покрытаго платино-синеродистымъ баріемъ, подъ дѣйствіемъ лучей, прошедшихъ сквозь человеческое тѣло. Однако дѣйствіе радіевыхъ лучей несравненно интензивнѣе, если экранъ находится какъ разъ передъ радіемъ и не отдѣленъ отъ него никакимъ твердымъ экраномъ. Флюоресценцію могутъ вызывать, повидимому, всё группы лучей.

Для наблюденія вліянія полонія надо поднести это вещество совсемъ близко къ флюоресцирующему экрану и не помѣщать между ними никакого твердаго экрана, либо брать этотъ послѣдній очень тонкимъ.

Свѣченіе флюоресцирующихъ веществъ, находящихся подъ дѣйствіемъ радиоактивныхъ тѣлъ, съ теченіемъ времени уменьшается. Въстѣ съ тѣмъ и флюоресцирующее вещество подвергается нѣкоторому измѣненію. Вотъ нѣсколько примѣровъ:

Лучи радія видоизмѣняютъ платино-синеродистый барій, дѣлая его коричневымъ и менѣе свѣтящимся (это вліяніе аналогично описанному Вилларомъ дѣйствию лучей Рентгена). Они измѣняютъ точно также двойную сѣрнистую соль урана и калия, придавая ей желтоватый оттѣнокъ. Подъ дѣйствіемъ свѣта видоизмѣненный платино-синеродистый барій отчасти восстанавливается. Если радій помѣстить подъ слоемъ платино-синеродистаго барія, разсыпаннаго по бумагѣ, то это соединеніе начинаетъ свѣтиться; если всю такую

<sup>1</sup> Vary, Comptes rendus, CXXX, 1900 г., стр. 776.

систему держать въ темнотѣ, то платино-синеродистое соединеніе видоизмѣняется, а его свѣченіе значительно ослабѣваетъ. Выставимъ его снова на свѣтъ; флюоресцировавшее вещество немного возстановляется, и если его опять внести въ темноту, свѣченіе снова дѣлается достаточно сильнымъ. Посредствомъ флюоресцирующаго тѣла и радиоактивнаго вещества можно получить систему, которая въ теченіе долгаго времени будетъ дѣйствовать, какъ фосфоресцирующее тѣло.

Стекло, флюоресцирующее подѣ влияніемъ радія, принимаетъ коричневою или фіолетовую окраску, ставоваясь въ то же время менѣе флюоресцирующимъ. Если измѣнившееся такимъ образомъ стекло нагрѣть, то оно обезцвѣчивается, причемъ потеря окраски сопровождается свѣченіемъ. Послѣ же этого стекло снова получаетъ способность флюоресцировать совершенно также, какъ и до окрашиванія.

Выставленный подѣ дѣйствіе лучей радія сѣрнистый цинкъ понемногу истощается и теряетъ способность фосфоресцировать.

Подѣ влияніемъ радія алмазь фосфоресцируетъ. Пользуясь этимъ свойствомъ, настоящіе алмазы можно легко отличить отъ поддѣльныхъ, которые свѣтятся очень слабо.

Всѣ соединенія радіеноснаго барія свѣтятся сами по себѣ<sup>1</sup>. Особенно интенсивный свѣтъ неускаютъ галоидныя соли. При дневномъ свѣтѣ нельзя замѣтить этого свѣченія, но оно прекрасно видно въ полутемнотѣ, или въ комнатѣ, освѣщенной газомъ. Испускаемый свѣтъ достаточно силенъ, такъ что, пользуясь небольшимъ количествомъ подобнаго вещества, легко можно читать въ темнотѣ. Непускаемый подобнымъ соединеніемъ свѣтъ исходитъ отъ всей массы вещества, тогда какъ въ обыкновенномъ фосфоресцирующемъ тѣлѣ свѣтъ исходитъ, собственно говоря, лишь отъ свѣтящейся части поверхности. Во влажномъ воздухѣ радіеносныя вещества теряютъ большею частью свою способность свѣтиться, а если ихъ высушить, то они пріобрѣтаютъ ее вновь (Гизель). Свѣченіе можно, повидимому, консервировать. Къ концу нѣсколькихъ лѣтъ въ свѣченіи слабо активныхъ веществъ, сохранившихся въ темнотѣ въ запаянныхъ трубкахъ, не наблюдалось никакого болѣе или менѣе замѣтнаго измѣненія. Свѣтъ, исходящій отъ очень активнаго и сильно свѣтящагося хлористаго барія, мѣняется черезъ нѣсколько мѣсяцевъ свою окраску; онъ становится болѣе фіолетовымъ и сильно осла-

<sup>1</sup> Curie, Société de Physique, 3 марта 1899 г. — Giesel, Wied. Ann., т. LXIX, стр. 91.

бляется; въ то же время и само вещество претерѣваетъ нѣкоторыя измѣненія; растворяя эту соль въ водѣ и снова ее высушивая, можно получить первоначальное свѣщеніе.

Растворы солей радіеноснаго барія, содержащіе значительное количество радія, обладаютъ точно также способностью свѣтиться, каковой фактъ можно наблюдать, наливая растворъ въ платиновый сосудъ. Последний самъ не свѣтится, но позволяетъ видѣть слабое свѣщеніе содержащагося въ немъ раствора.

Если въ растворѣ радіеносной баріевой соли находится отложившіеся въ немъ кристаллы, то они свѣтятся гораздо сильнѣе, чѣмъ самъ растворъ, такъ что при этихъ условіяхъ только они одни и свѣтятся.

Гизель приготовилъ препаратъ радіеноснаго платино-синеродистаго барія. Если эта соль только что выкристаллизована, она имѣетъ видъ обыкновеннаго платино-синеродистаго барія и свѣтится очень сильно. Но понемногу соль сама собой пріобрѣтаетъ коричневый оттѣнокъ, тогда какъ ея кристаллы становятся дихроничными. Въ этомъ видѣ соль свѣтится гораздо менѣе, хотя ея радиоактивность и увеличилась <sup>1</sup>. Приготовленный по Гизелю платино-синеродистый барій видоизмѣняется еще быстрѣе.

Соединенія радія представляютъ первый примѣръ веществъ, которыя свѣтятся сами по себѣ.

*Выдѣленіе солями радія теплоты.*—Совеѣмъ недавно Кюри и Лабордъ нашли, что соли радія сами собою постоянно выдѣляютъ теплоту <sup>2</sup>. Благодаря этому явленію радіевыя соли имѣютъ всегда болѣе высокую температуру, чѣмъ окружающее ихъ пространство. Разность температуръ зависитъ, впрочемъ, отъ термической изоляціи вещества. Эту разность можно обнаружить грубымъ опытомъ съ помощью двухъ обыкновенныхъ ртутныхъ термометровъ. Для этого пользуются двумя совершенно одинаковыми термозолиторами. Въ одинъ изъ нихъ кладутъ стеклянную ампулку съ 7 дециграммами чистаго бромистаго радія; въ другой сосудъ кладутъ другую совершенно такую же стеклянную ампулку съ какимъ нибудь не-активнымъ веществомъ, напр., хлористымъ баріемъ. Температура каждаго изъ этихъ сосудовъ указывается термометромъ, резервуаръ котораго находится рядомъ съ ампулкой. Отверстія изоляторовъ закрыты ватой. Когда температуры установятся, то термометръ въ сосудѣ, содержащемъ радій, показываетъ постоянно

<sup>1</sup> Giesel, Wied. Ann., т. LXIX, стр. 91.

<sup>2</sup> Curie et Laborbe, Comptes rendus, 16 марта 1903 г

болѣе высокую температуру, чѣмъ другой термометръ. Наблюдавшаяся разность температуръ доходила до трехъ градусовъ.

Количество тепла, выдѣляемое радіемъ, можно опредѣлить съ помощью ледяного калориметра Буизена. Помѣщая въ него стеклянную ампулку, наполненную радіевою солью, констатируютъ постоянный притокъ тепла, прекращающійся сейчасъ же по удаленіи радія. Измѣреніе, сдѣланное съ солью радія, которая была приготовлена уже давно, показываетъ, что каждый граммъ радія выдѣляетъ приблизительно 80 малыхъ калорій въ часъ. Следовательно, изъ радія каждый часъ выдѣляется количество тепла, достаточное для расплавленія такой же массы льда, какую имѣетъ самъ радій; одинъ граммъ-атомъ (225 гр.) радія выдѣлялъ бы въ часъ 18.000 калорій, каковое количество тепла почти равно тому количеству, которое получается при сгораніи одного граммъ-атома (1 гр.) водорода. Столь значительный притокъ тепла не можетъ быть объясненъ какой либо обыкновенной химической реакціей, тѣмъ болѣе, что радій годами не измѣняетъ своего состоянія. Можно было бы думать, что выдѣленіе тепла обусловливается трансформированіемъ атомовъ самого радія, происходящимъ, безъ сомнѣнія, чрезвычайно медленно. Еслибы это было такъ, то можно было бы думать, что количества энергій, участвующихъ въ образованіи и преобразованіи атомовъ, значительны и превосходятъ все, что намъ извѣстно.

Количество тепла, выдѣляемаго радіемъ при различныхъ температурахъ, можно опредѣлять съ помощью кингвія ступенчатого въ жидкость газа и измѣренія объема выдѣляющихся при этомъ паровъ его. Подобный опытъ можно производить съ хлористымъ метиломъ (при  $-21^{\circ}$ ). Дьюаръ и Кюри производили этотъ опытъ съ жидкимъ кислородомъ (при  $-180^{\circ}$ ) и съ жидкимъ водородомъ (при  $-252^{\circ}$ ). Особенно удобенъ для опыта послѣдній. Пробирка А, окруженная термоизоляторомъ съ двойными стѣнками, съ разрѣженнымъ между ними пространствомъ, наполняется водородомъ Н (рис. 10); пробирка эта снабжена согнутой стеклянной трубкой  $t$ , позволяющей собирать газъ въ градуированный, наполненный водою, цилиндръ Б. Пробирка А погружается вмѣстѣ со своимъ изоляторомъ въ ванну, наполненную жидкимъ водородомъ Н. При такихъ условіяхъ въ пробиркѣ А выдѣленіе газа невозможно. Если же въ пробирку съ жидкимъ водородомъ бросить ампулку съ 7 дециграммами бромистаго барія, то тотчасъ же начинается непрерывное выдѣленіе газа, котораго можно собрать до 73 куб. сант. въ минуту.

Твердый препаратъ только что приготовленной радіевои соли



выдѣляетъ относительно небольшое количество тепла; но съ теченіемъ времени его выдѣляется все больше и больше, и даже черезъ мѣсяць нельзя еще достигнуть опредѣленнаго предѣла. Если же радіевую соль растворить въ водѣ и держать такой растворъ въ запаянной трубкѣ, то сначала тепла изъ него выдѣляется немного.

Затѣмъ количество выдѣляемаго тепла увеличивается и по истеченіи мѣсяца становится постояннымъ; въ это время тепла будетъ выдѣляться въ каждую минуту столько же, сколько выдѣляется его изъ той же самой соли, взятой не въ растворѣ, а въ твердомъ видѣ.

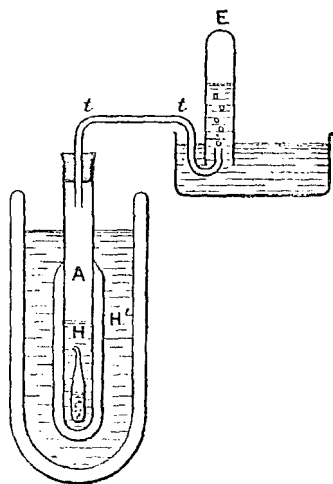


Рис. 10

Если при измѣреніи количества тепла, выдѣляемаго радіевою солью въ запаянной стеклянной ампулкѣ, пользоваться калориметромъ Вунзена, то нѣкоторые, испускаемые радіемъ, лучи проходятъ сквозь ампулку и калориметръ, не поглощаясь ими. Чтобы узнать, не обладаютъ ли эти лучи болѣе значительнымъ количествомъ энергій, можно произвести измѣреніе еще разъ, обернувъ ампулку листомъ

свинца въ 2 мм. толщиной. Оказывается, что при такихъ условіяхъ тепла выдѣляется на 4% болѣе; такимъ образомъ энергіей, излучаемой радіемъ въ видѣ лучей, проходящихъ сквозь тѣла, отнюдь нельзя пренебрегать.

*Химическія дѣйствія новыхъ радиоактивныхъ веществъ.*

*Окрашиваніе.* — Излученія, испускаемые сильно радиоактивными веществами, могутъ вызывать нѣкоторыя химическія реакціи. Лучи, исходящіе отъ радіоактивныхъ веществъ, дѣйствуютъ на ф а р ф о ръ и стекло окрашивающимъ образомъ<sup>1</sup>.

Стекло окрашивается очень интенсивно въ коричневый или фіолетовый цвѣтъ во всей своей массѣ, причемъ эта окраска остается и по удаленіи радія. Окрашиваются по истеченіи болѣе или менѣе

<sup>1</sup> M. et M-me Curie, Comptes rendus, т. CXXIX, ноябрь 1899 г., стр. 823.

продолжительнаго времени стекла всѣхъ сортовъ: для этого вовсе не надо, чтобы въ стеклѣ содержался свинецъ. Этотъ фактъ можно сопоставить съ констатированной недавно окраской стеклянныхъ разрѣженныхъ трубокъ, служившихъ для полученія рентгеновскихъ лучей, которая обнаруживается послѣ долгаго ихъ употребленія.

Гизель показалъ, что подь вліяніемъ лучей радія выкристаллизованныя галоидныя соли щелочныхъ металловъ (напр., сильвинъ) окрашиваются совершенно также, какъ и отъ дѣйствія катодныхъ лучей. Гизель утверждаетъ, что получающаяся окраска совершенно такова же, какъ и обусловливаемая пребываніемъ щелочныхъ солей въ парахъ соды<sup>1</sup>.

Я изучала окраску коллекціи стеколъ опредѣленнаго состава, данную мнѣ для этого профессоромъ Мешателье. Мнѣ не удалось наблюдать большого различія окрасокъ. Онѣ бываютъ вообще коричневыми, фіолетовыми, желтыми и сѣрыми. Окраска обусловливается, повидимому, присутствіемъ щелочныхъ металловъ.

Болѣе разнообразную и болѣе яркую окраску даютъ чистыя кристаллическія щелочныя соли; вначалѣ бѣлыя, онѣ становятся затѣмъ голубыми, зелеными, желто-коричневыми и пр.

Веккерель показалъ, что подь вліяніемъ радія бѣлый фосфоръ обращается въ красный.

Подь вліяніемъ радія бумага окрашивается и претерпѣваетъ различныя видоизмѣненія: она становится болѣе ломкой, болѣе тонкой и наконецъ продырявливается.

Иногда недалеко отъ очень активныхъ соединеній образуется озонъ. Лучи, выходящіе изъ запаянной ампулки съ радіемъ, не озонпруютъ воздуха, черезъ который проходятъ. Запахъ озона распространяется, напротивъ того, очень сильно тогда, если ампулка открыта. Вообще воздухъ озонируется тогда, если онъ сообщается съ радіемъ непосредственно. Для этого достаточно даже очень узкаго подобаго сообщенія; полученіе озона находится, повидимому, въ связи съ такъ называемою индуктированою радиоактивностью, о которой мы будемъ говорить ниже.

Несомнѣнно, что радіеносныя соединенія съ теченіемъ времени измѣняются подь вліяніемъ собственныхъ своихъ радіацій. Выше мы видѣли уже, что радіеносные кристаллы только что приготовленнаго хлористаго барія безцвѣтны, но понемногу пріобрѣтаютъ либо желтую или оранжевую, либо розовую окраску. При раствореніи соли эта окраска исчезаетъ. Хлористый радіеносный барій

<sup>1</sup> Giesel, Gesell. d. deutschen Phys., январь 1900 г.

выдѣляетъ кислородныя соединенія хлора, а бромистый—брома. Эти медленные преобразованія происходятъ, вообще говоря, черезъ нѣкоторое время послѣ приготовленія твердаго препарата, который мѣняется въ то же время свой видъ и цвѣтъ, приобретаая желтоватый или фіолетовый оттѣнокъ. Тогда и испускаемый веществомъ свѣтъ становится болѣе фіолетовымъ.

Чистыя соли радія, повидимому, могутъ претергивать такія же измѣненія, какъ и соли, содержащія барій. Во всякомъ случаѣ, кристаллы хлористаго соединенія, находящіеся въ кислотѣ растворѣ, не окрашиваются замѣтнымъ образомъ въ теченіе того времени, котораго совершенно достаточно для приобретенія интенсивной окраски радіевосными кристаллами хлористаго барія, богатыми радіемъ.

*Выдѣленіе газа въ присутствіи солей радія.* — Растворъ бромистаго радія непрерывно выдѣляетъ газы <sup>1</sup>. Такими газами являются главнымъ образомъ кислородъ и водородъ, находящіеся почти въ такой же пропорціи, какая необходима для образованія воды. Можно думать, что вода въ присутствіи радіевой соли разлагается.

Твердыя соли радія (хлористаго и бромистаго) также выдѣляютъ непрерывно газъ. Газы эти заполняютъ поры твердой соли и обильно выдѣляются при раствореніи соли. Въ смѣси газовъ находятся водородъ, кислородъ и гелій. Спектръ газовъ даетъ также нѣсколько неизвѣстныхъ линій <sup>2</sup>.

Выдѣленіемъ газа можно приписать два случая, имѣвшіе мѣсто въ опытахъ Кюри. Тонкая запаянная стеклянная ампулка, почти совершенно наполненная твердымъ и сухимъ бромистымъ радіемъ, черезъ два мѣсяца послѣ того, какъ была запаяна, лопнула отъ слабаго нагрѣванія; взрывъ произошелъ, вѣроятно, отъ внутренняго давленія газа. Въ другомъ опытѣ ампулка съ давно уже приготовленнымъ хлористымъ радіемъ была сообщена съ достаточно большимъ резервуаромъ, содержавшимъ почти совершенную пустоту. Ампулка была нѣсколько быстро нагрѣта до 300°,—и соль произвела взрывъ; ампулка разсыпалась, а соль откинуло на довольно большое разстояніе, такъ какъ она не могла удержаться во время взрыва въ ампулкѣ вслѣдствіе значительнаго давленія. Тогда по-пробовали нагрѣть такую ампулку въ тѣхъ же условіяхъ, но безъ радіевой соли,—и никакого взрыва не произошло.

<sup>1</sup> Giesel, Ber., 1903, стр. 347.—Ramsay u. Soddy, Phys. Zeitschrift, 15 сентября 1903 г.

<sup>2</sup> Ramsay et Soddy, тамъ же.

Эти опыты показываютъ, какъ опасно нагрѣвать давно приготовленную соль радія, и съ какими опасностями сопряжено сохраненіе радія въ запаянной трубкѣ въ теченіе долгаго времени.

*Термолюминесценція.* — Нѣкоторыя тѣла, какъ, напр., флюоринъ, свѣтятся отъ нагрѣванія, — онѣ термолюминесцируютъ; по истеченіи нѣкотораго времени ихъ свѣченіе прекращается; подъ вліяніемъ же искры, а также отъ дѣйствія радія, въ тѣлахъ этихъ способность свѣтиться отъ нагрѣванія восстанавливается. Радій можетъ снова сдѣлать подобныя тѣла термолюминесцирующими<sup>1</sup>. При нагрѣваніи флюоринъ претерпѣваетъ нѣкоторыя измѣненія, сопровождающіеся испусканіемъ свѣта. Если затѣмъ флюоринъ подвергнуть дѣйствію радія, то эти измѣненія идутъ въ обратномъ направленіи, но все еще сопровождаются выдѣленіемъ свѣта.

Совершенно такое же явленіе имѣетъ мѣсто и въ выставленномъ подъ дѣйствіе радія стеклѣ. И въ немъ, когда оно люминесцируетъ отъ лучей радія, происходятъ нѣкоторыя измѣненія; они обнаруживаются въ окраскѣ стекла, которая все увеличивается и увеличивается. Если же затѣмъ измѣнившееся такимъ образомъ стекло нагрѣть, то получается обратное явленіе: стекло обезцвѣчивается, причѣмъ отъ него исходитъ свѣтъ. Весьма вѣроятно, что такіа измѣненія — химической природы, а что съ послѣдними-то и связано образованіе свѣта. Это явленіе могло бы быть и общаго характера. Можно думать, что возникновеніе флюоресценціи подъ дѣйствіемъ радія и свѣченіе радіеносныхъ веществъ непременно связаны съ нѣкоторыми химическими или физическими измѣненіями препарата, испускающаго свѣтъ.

*Радиография.* — Радиографическое дѣйствіе новыхъ радиоактивныхъ веществъ очень интенсивно. Однако оперировать съ радіемъ и полоніемъ надо совершенно различно. Полоній дѣйствуетъ только на очень небольшомъ разстояніи, причѣмъ дѣйствіе его сильно ослабляется твердыми экранами; на практикѣ вліяніе полонія можно уничтожить, наиримѣръ, стеклянной пластинкой въ 1 мм. толщиною. Что же касается радія, то онъ дѣйствуетъ на значительно большія разстоянія. Въ воздухѣ радиографическое дѣйствіе лучей радія можно обнаружить болѣе чѣмъ въ двухметровомъ разстояніи, даже при томъ условіи, если радій находится въ стеклянной ампулкѣ. Дѣйствующіе при этомъ лучи принадлежатъ къ группамъ  $\beta$  и  $\gamma$ . Благодаря различной степени прозрачности разныхъ веществъ для этихъ лучей, ими, какъ и лучами Рѣнтгена,

<sup>1</sup> Becquerel, Rapports au Congrès du Physique, 1900.

можно радиографировать тѣ или иные предметы. Кроме весьма прозрачнаго алюминія, металлы, вообще говоря, непрозрачны. Между прозрачностями мяса и костей большой разницы нѣтъ. При оперированіи съ лучами на большомъ разстояніи и съ источниками очень небольшихъ размѣровъ, радиографическіе снимки получаются весьма отчетливыми. Для улучшенія радиографическихъ снимковъ полезно

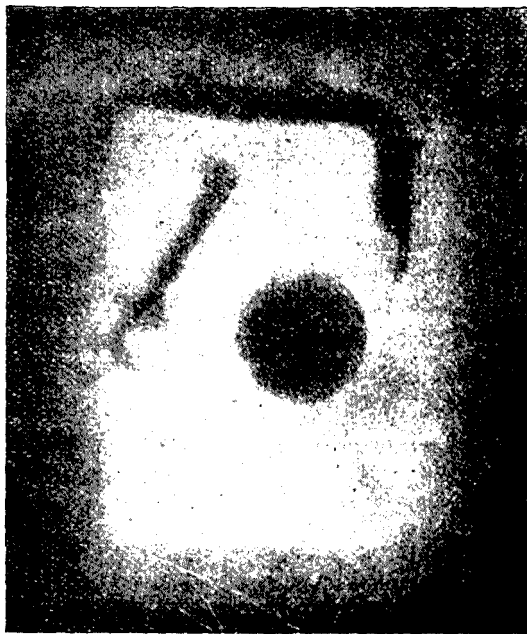


Рис. 11.—Радиографическій снимокъ, сдѣланный съ помощью лучей радія

$\beta$ -лучи удалить въ сторону съ помощью магнитнаго поля, а пользоваться одними только лучами  $\gamma$ . Лучи  $\beta$ , проходя черезъ радиографируемый предметъ, дѣйствительно нѣсколько разсѣиваются и образуютъ на снимкѣ вуаль. Хотя время экспозиціи при удаленіи  $\beta$ -лучей и увеличивается, зато результаты получаются лучше. Радиографированіе предмета вродѣ портмоне требуетъ цѣлаго дня, если въ качествѣ радіирующаго источника пользоваться нѣсколькими сантиграммами радіевой соли, находящейся въ стеклянной

ампулыѣ и помѣщенной въ 1 метръ разстоянія отъ стоящей за радіографируемымъ предметомъ чувствительной пластинки. Если источникъ отстоитъ отъ пластинки на 20 см., то тотъ же результатъ получается черезъ часъ. Непосредственно передъ радірующимъ источникомъ снимокъ на чувствительной пластинкѣ получается мгновенно.

*Физиологическія дѣйствія.*—Лучи радія дѣйствуютъ на эпидерму. Это ихъ вліяніе было замѣчено Вальковымъ и подтверждено Гизелемъ, а затѣмъ Беккерелемъ и Кюри<sup>1</sup>.

Если тонкую целлулоидную или каучуковую капсулку съ очень активной солью радія положить на кожу и продержать на ней нѣкоторое время, то на кожѣ обнаружится краснота, причемъ она появится или тотчасъ же, или по истеченіи нѣкотораго промежутка времени, который тѣмъ меньше, чѣмъ сильнѣе дѣйствіе радія. Это красное пятно появится какъ разъ тамъ, гдѣ дѣйствовалъ радій. Мѣстное измѣненіе кожи имѣетъ видъ ожога. Иногда образуется волдырь. Если дѣйствіе радія было довольно продолжительно, то получается ранка, которую очень трудно заживить. Въ одномъ опытѣ Кюри дѣйствовалъ на свою руку относительно мало-активнымъ препаратомъ въ теченіе 10 часовъ. Сперва образовалась краснота, а затѣмъ извочка, начавшая проходить черезъ 4 мѣсяца. Кожа подверглась мѣстному разрушенію и выздоровѣла лишь по истеченіи довольно продолжительнаго времени, причемъ на ней остался весьма замѣтный рубецъ. При получасовой экспозиціи радія на кожѣ получился черезъ двѣ недѣли ожогъ, который перешелъ затѣмъ въ волдырь, потребовавшій двухнедѣльнаго же леченія. Другой ожогъ, получившійся отъ 8-минутной экспозиціи, выразился въ видѣ краснаго пятна, появившагося только черезъ два мѣсяца, и былъ незначителенъ.

Радій дѣйствуетъ на кожу и черезъ металлы, но въ такомъ случаѣ дѣйствіе его незначительно. Для избѣжанія дѣйствія радія, его надо держать при себѣ не иначе, какъ завернутымъ въ свинцовый листочекъ.

Докторъ Давло изучалъ дѣйствіе радія на кожу для леченія нѣкоторыхъ кожныхъ болѣзней, подобнаго леченію ихъ лучами Рѣнтгена и ультра-фіолетовымъ свѣтомъ. Съ этой точки зрѣнія радій далъ поразительные результаты. Отчасти пораженная эпидерма подъ вліяніемъ радія приходитъ въ здоровое состояніе. Радій дѣйствуетъ

<sup>1</sup> Walkhoff, Phot. Rundschau, октябрь 1900 г.—Giesel, Berichte d. deutsch. chem. Gesell., т. XXIII.—Becquerel et Curie, Comptes rendus, т. CXXXII, стр. 1289.

сильнѣе свѣта, а пользоваться имъ гораздо легче, чѣмъ этимъ послѣднимъ или лучами Рѣнтгена. Изученіе условій примѣненія радія, конечно, должно подвигаться очень медленно, потому что дѣйствіе его сказывается не тотчасъ, а по истеченіи нѣкотораго времени.

Гизель замѣтилъ дѣйствіе радія на листья растений. Подъ его вліяніемъ они желтѣютъ и сохнутъ.

Этотъ же ученый открылъ дѣйствіе лучей радія на глазъ<sup>1</sup>. Помѣщая въ темнотѣ недалеко отъ закрытаго вѣска или отъ вѣска радіирующей препаратъ, можно замѣтить, что глазъ наполняется свѣтомъ. Это явленіе было изучено Химстедтомъ и Нагелемъ<sup>2</sup>, которые показали, что любая среда глаза флюоресцируетъ подѣ дѣйствіемъ радія, чѣмъ и объясняется ощущеніе глазомъ свѣта. Слѣпые со здоровой сѣтчаткой ощущаютъ дѣйствіе радія, тогда какъ у тѣхъ изъ нихъ, у которыхъ сѣтчатка поражена, радіевые лучи не вызываютъ свѣтового ощущенія.

Лучи радія препятствуютъ развитію культуръ микроорганизмовъ, но это дѣйствіе радія не очень сильно<sup>3</sup>.

Недавно Данишиъ показалъ, что лучи радія очень сильно дѣйствуютъ на спинной и головной мозгъ. У животныхъ, надъ которыми производились подобныя опыты, обнаруживался параличъ, а черезъ нѣсколько дней они умирали<sup>4</sup>.

*Вліяніе на излученіе температуры.*—О вліяніи температуры на излученіе радиоактивныхъ тѣлъ извѣстно пока еще немного. Однако же мы знаемъ, что эти излученія существуютъ и при низкихъ температурахъ. Кюри помѣщала стеклянную трубку съ хлористымъ радіоснымъ баріемъ въ жидкій воздухъ<sup>5</sup>. Въ этихъ условіяхъ свѣченіе радіирующаго препарата прекращается, но въ моментъ извлеченія трубки изъ холодной среды препаратъ свѣтится какъ будто бы даже интенсивнѣе, чѣмъ при окружающей температурѣ. При температурѣ жидкаго воздуха флюоресцирующее дѣйствіе радія на двойную сѣрнокислую соль уранила и калия не прекращается. Электрическія измѣренія Кюри показали, что излученіе, измѣренное на нѣкоторомъ разстояніи отъ радіирующаго источника, обладаетъ одною и тою же интенсивностью, независимо отъ того, имѣетъ ли радій температуру окружающей среды, или же онъ погруженъ въ жидкій воздухъ. Въ этихъ опытахъ радій находился на днѣ

<sup>1</sup> Giesel, *Naturforscherversammlung*, Мюнхенъ, 1899.

<sup>2</sup> Himstedt u. Nagel, *Ann. d. Physik*, т. IV, 1901.

<sup>3</sup> Aschkinass u. Caspari, *Ann. d. Physik*, т. VI, 1901, стр. 570.

<sup>4</sup> Danysz, *Comptes rendus*, 16 февраля 1903 г.

<sup>5</sup> Curie, *Société de Physique*, 2 марта 1900 г.

закрытой съ одного конца трубки. Лучи выходили изъ трубки черезъ открытый конецъ, проходили въ некоторое разстояніе черезъ воздухъ и попадали въ конденсаторъ. Дѣйствіе лучей на воздухъ конденсатора измѣряли, или оставляя трубку на воздухѣ, или же погружая ее до известной высоты въ жидкій воздухъ. Въ обоихъ случаяхъ получался одинъ и тотъ же результатъ.

Если температуру радіа повысить, его радіоактивность не исчезаетъ. Только что расплавленный ( $800^{\circ}$ ) хлористый радіеносный барій радиоактивенъ и свѣтится. Однако продолжительное нагреваніе при высокой температурѣ ведетъ къ временному ослабленію радіоактивности препарата. Ослабленіе это довольно значительно, составляя около 25% всего излученія. Лучи поглощаемые ослабляются менѣе значительно, чѣмъ лучи, легко проходящіе сквозь тѣла. Съ теченіемъ времени излученіе препарата снова пріобрѣтаетъ ту интенсивность и тотъ характеръ, которые оно имѣло до нагреванія; это происходитъ черезъ 2 мѣсяца послѣ нагреванія тѣла.

---



## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

### Индуктированная радиоактивность

*Обращение неактивныхъ веществъ въ радиоактивныя.* — Занимаясь изслѣдованіемъ радиоактивныхъ веществъ, мы съ г. Кюри замѣтили, что всякое вещество, находившееся нѣкоторое время не вдалекѣ отъ радіеносной соли, становится само радиоактивнымъ<sup>1</sup>. Въ первой своей замѣткѣ объ этомъ мы старались доказать, что радиоактивность, пріобрѣтенная недѣйственными веществами, не обуславливается переносомъ радиоактивной пыли, располагающейся на поверхности такихъ веществъ. Въ настоящее время этотъ фактъ установленъ съ полною очевидностью цѣлымъ рядомъ описанныхъ ниже опытовъ, а главнымъ образомъ—законами, по которымъ радиоактивность, пріобрѣтаемая не-активными въ естественномъ состояніи веществами, исчезаетъ, лишь только радій перестаетъ на нихъ дѣйствовать.

Это новоеоткрытое явленіе мы называемъ индуктированной радиоактивностью.

Въ той же замѣткѣ мы указали на существенную особенность индуктированной радиоактивности. Мы дѣлали активными пластинки изъ различныхъ веществъ, помѣщая ихъ невдалекѣ отъ твердыхъ радіеносныхъ солей. Радиоактивность этихъ пластинокъ измѣрялась по электрическому методу. Такимъ образомъ намъ удалось установить слѣдующіе факты:

1) Активность пластинки, на которую дѣйствуетъ радій, увеличивается съ увеличеніемъ времени экспозиціи, приближаясь по асимптотическому закону къ нѣкоторому опредѣленному предѣлу.

2) Активность пластинки, которая находилась подъ дѣйствіемъ радія, а затѣмъ была удалена отъ него, исчезаетъ черезъ нѣсколько

<sup>1</sup> M. et M-me Curie, Comptes rendus, 6 ноября 1899 г.

дней. Эта индуцированная активность, будучи функціею времени, стремится по асимптотическому закону къ нулю.

3) При прочихъ равныхъ условіяхъ, радиоактивность, индуцированная на различныхъ пластинкахъ однимъ и тѣмъ же радіеноснымъ препаратомъ, не зависитъ отъ рода вещества пластинки. Стекло, бумага и металлы становятся активными въ совершенно одинаковой степени.

4) Радиоактивность, индуцированная на одной и той же пластинкѣ различными радіеносными препаратами, имѣетъ нѣкоторое предѣльное значеніе, которое тѣмъ больше, чѣмъ активнѣе препаратъ, дѣйствовавшій на пластинку.

Спустя нѣкоторое время Рутерфордъ напечаталъ работу, въ которой указываетъ на тотъ фактъ, что явленія индуцированной радиоактивности могутъ быть вызваны и соединеніями торія<sup>1</sup>. Онъ нашелъ, что это явленіе подчиняется тѣмъ же самымъ законамъ, которые были описаны выше, а сверхъ того открылъ весьма важный фактъ, состоящій въ томъ, что тѣла, заряженные отрицательнымъ электричествомъ, становятся болѣе активными, чѣмъ какія либо другія тѣла. Между прочимъ Рутерфордъ замѣтилъ, что воздухъ, находившійся надъ окисью торія, сохраняетъ довольно значительную проводимость въ теченіе 10—15 минутъ. Въ этомъ состояніи воздухъ сообщаетъ индуцированную радиоактивность неактивнымъ веществамъ, а особенно заряженнымъ отрицательно. Рутерфордъ объясняетъ свои опыты предположеніемъ, что соединенія торія (главнымъ образомъ его окись) испускаютъ особую радиоактивную эманацию, которую можно сдувать потоками воздуха. Эта эманация, заряженная положительнымъ электричествомъ, и служитъ причиною индуцированной радиоактивности. Тѣ же самые опыты, которые Рутерфордъ производилъ съ окисью торія, Дорнъ продѣлалъ съ радіеносными солями барія<sup>2</sup>. Дебьернъ показалъ, что активнѣе также вызываетъ въ высшей степени интенсивно индуцированную активность на находящихся невдалекѣ отъ него тѣлахъ. Активность, вызываемая активіемъ, сдувается также довольно легко потоками воздуха<sup>3</sup>. Индуцированная радиоактивность имѣетъ нѣсколько видоизмѣненій. Если вещество, становящееся активнымъ отъ дѣйствія радія, находится на открытомъ воздухѣ, то въ получающихся результатахъ нѣтъ никакой правильности. Если же опыты производятся въ закрытомъ сосудѣ, то явленіе индуциро-

<sup>1</sup> Rutherford, Phil. Mag., январь и февраль 1900 г.

<sup>2</sup> Dorn, Abh. Naturforsch. Gesell. Halle, июнь 1900 г.

<sup>3</sup> Debierne, Comptes rendus, 30 июля 1900 г.; 16 февраля 1903 г.

важной радиоактивности становится, какъ это показали Кюри и Дебьернъ, весьма правильнымъ<sup>1</sup>.

*Активирование въ закрытомъ ящикѣ.* — Индуктированная радиоактивность и интенсивнѣе, и правильнѣе, если оперировать въ закрытомъ сосудѣ. Активное вещество кладется въ стеклянную ампулку *a* съ отверстіемъ *o* (рис. 12), находящуюся въ закрытомъ ящикѣ. Различныя пластинки *A*, *B*, *C*, *D* и *E*, помѣщенныя въ ящикѣ, черезъ день становятся радиоактивными. При одинаковыхъ размѣрахъ пластинокъ активность ихъ одинакова, независимо отъ того, изъ чего онѣ сдѣланы (свинець, мѣдь, алюминій, стекло, эбонитъ, воскъ, картошь, парафинъ). Активность какой либо стороны одной изъ пластинокъ тѣмъ больше, чѣмъ больше свободного пространства надъ этою стороною.

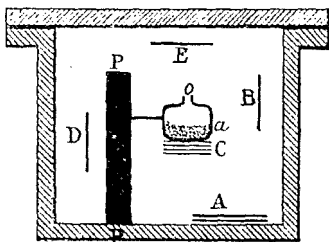


Рис. 12

Если предыдущій опытъ сдѣлать съ совершенно закрытой ампулкой *a*, то никакой индуктированной активности не получается.

Въ образованіи индуктированной радиоактивности излученія радія не играютъ непосредственной роли. Поэтому въ предыдущемъ опытѣ пластинка *D*, закрытая отъ излученія толстымъ свинцовымъ экраномъ *PP*, активируется также, какъ *B* и *E*.

Начиная отъ радіирующаго тѣла и вплоть до активируемаго тѣла, радиоактивность распространяется черезъ воздухъ. Она можетъ передаваться вдалѣ даже черезъ очень тонкія капиллярныя трубки.

Индуктированная радиоактивность становится и интенсивнѣе, и правильнѣе, если твердую активную радіеносную соль замѣнить ея воднымъ растворомъ.

Индуктированная радиоактивность можетъ сообщаться и жидкостямъ. Такъ, напримѣръ, чистую воду можно сдѣлать радиоактивною. Для этого стоитъ только налить ее въ сосудъ, находящійся внутри закрытаго ящика, въ которомъ имѣется растворъ радіеносной соли.

При помѣщеніи нѣкоторыхъ веществъ въ активирующій ящикъ, они начинаютъ свѣтиться (фосфоресцирующія и флюоресцирующія

<sup>1</sup> Curie et Debierne, Comptes rendus, 4 марта 1901 г.

тѣла, стекло, бумага, вата, вода, растворы солей). Особенно блестящимъ дѣлается при этихъ условіяхъ фосфоресцирующій сѣрнистый цинкъ. Однако радіоактивность этихъ свѣтящихся тѣлъ такова же, какъ и радіоактивность куска металла или другого тѣла, который въ этихъ условіяхъ активизируется, не становясь свѣтящимся.

Каково бы ни было активизируемое въ закрытомъ сосудѣ вещество, получаемая имъ активность съ теченіемъ времени увеличивается до тѣхъ поръ, пока не достигнетъ нѣкотораго предѣльнаго значенія, всегда одного и того же, если оперировать съ однимъ и тѣмъ же активизирующимъ веществомъ, пользуясь одной и той же постановкой опыта.

Предѣльная индуктированная радіоактивность не зависитъ отъ природы и давленія находящагося въ активизирующемъ ящикѣ газа (воздуха, водорода, углекислоты).

Предѣльная индуктированная радіоактивность въ данномъ ящикѣ зависитъ исключительно отъ количества содержащагося въ немъ въ растворѣ радія. Радіоактивность, по видимому, пропорціональна этому количеству.

*Роль газовъ въ явленіи индуктированной радіоактивности. Эманация.*—Газы, находящіеся въ ящикѣ, въ которомъ имѣется соль радія въ твердомъ видѣ или въ водномъ растворѣ, также радіоактивны. Эта радіоактивность не исчезаетъ и въ томъ случаѣ, если собрать газы въ опрокинутую пробирку. Стѣнки пробирки становятся тогда радіоактивными и свѣтятся въ темотѣ. Активность и свѣченіе въ пробиркѣ исчезаютъ съ теченіемъ времени, но ихъ исчезновеніе очень медленно, и индуктированную радіоактивность можно обнаружить даже по истеченіи цѣлаго мѣсяца.

Въ самомъ началѣ своихъ изслѣдованій, нагревая смоляную обманку, мы съ г. Кюри извлекли изъ него сильно радіоактивный газъ<sup>1</sup>, но, какъ и въ только что описанномъ опытѣ, активность этого газа понемногу совершенно исчезла.

Что касается торія, радія и актинія, то индуктируемая ими радіоактивность понемногу распространяется отъ самого активного тѣла до стѣнокъ содержащаго это послѣднее ящика; при удаленіи изъ ящика газа, исчезаетъ и активизирующее ихъ дѣйствіе.

При измѣреніи радіоактивности радіеносныхъ веществъ по электрическому методу посредствомъ прибора, изображеннаго на рис. 1-мъ, находящейся между пластинами воздухъ становится также радио-

<sup>1</sup> P. Curie et M-me Curie, Rapports au Congrès de Physique, 1900.

активнымъ; однако, если между пластинами продуть струю воздуха, то при этомъ нельзя замѣтить болѣе или менѣе значительнаго пониженія силы тока; это говоритъ за то, что радиоактивность, разсѣившаяся въ пространствѣ между пластинами, имѣетъ мало значенія по сравненію съ радиоактивностью самого радія въ твердомъ видѣ.

Дѣло обстоитъ совершенно иначе, если вмѣсто радія взять торій. Неправильности, наблюдавшіяся мною при измѣреніи радиоактивности торіевыхъ соединеній, происходили отъ того, что я работала въ то время съ открытымъ воздушнымъ конденсаторомъ. Однако самая незначительная струя воздуха производитъ въ силѣ тока значительное измѣненіе, потому что радиоактивность, распространяющаяся по пространству недалеко отъ торія, довольно значительна по сравненію съ радиоактивностью самого торія.

Еще рельефнѣе выступаетъ это явленіе, если взять активній. Очень активное соединеніе активія оказывается гораздо менѣе активнымъ, если надъ нимъ продувать струю воздуха.

Итакъ, въ газахъ радиоактивная энергія находится въ особой формѣ. Рутерфордъ предполагаетъ, что нѣкоторыя радиоактивные тѣла постоянно выделяютъ матеріальный радиоактивный газъ, называемый имъ эманацией. Этотъ-то газъ и дѣлаетъ радиоактивными тѣла, находящіяся въ пространствѣ, гдѣ онъ распространяется. Тѣлами, непускающими изъ себя эманацию, являются радій, торій и активній.

*На открытомъ воздухѣ активная твердая тѣла теряютъ свою активность.* — Если твердое тѣло, находившееся въ теченіе нѣкотораго времени подъ дѣйствіемъ радія, вынуть изъ активизирующаго ящика, то оно теряетъ на открытомъ воздухѣ свою активность по нѣкоторому закону, одинаковому для всѣхъ тѣлъ и выражающемуся слѣдующей формулой<sup>1</sup>:

$$I = I_0 \left( a e^{-\frac{t}{\theta_1}} - (a-1) e^{-\frac{t}{\theta_2}} \right),$$

гдѣ  $I_0$  есть начальная интенсивность излученія въ моментъ извлеченія пластинки изъ ящика,  $I$  — интенсивность въ моментъ времени  $t$ ;  $a$  есть членный коэффициентъ  $a = 4.20$ ;  $\theta_1$  и  $\theta_2$  — постоянныя времена:  $\theta_1 = 2420$  секундъ и  $\theta_2 = 1860$  секундъ. По истеченіи 2—3 часовъ этотъ законъ сводится къ простому показательному закону, а вліяніе второго показателя на значеніи

<sup>1</sup> Curie et Danne, Comptes rendus, 9 февраля 1903 г.

$I$  уже больше не сказывается. Въ этомъ случаѣ законъ потери активности гласитъ, что интенсивность излученія въ 28 минутъ понижается на половину. На этотъ законъ можно смотрѣть, какъ на характеристику потери активности на открытомъ воздухѣ твердыми тѣлами, активированными радіемъ.

Твердые тѣла, активированныя активіемъ, теряютъ на открытомъ воздухѣ свою активность по показательному закону, почти одинаковому съ вышеуказаннымъ; однако активность исчезаетъ немного медленнѣе <sup>1</sup>.

Твердые тѣла, активированныя торіемъ, теряютъ свою активность гораздо медленнѣе; интенсивность излученія уменьшается въ два раза только черезъ 11 часовъ <sup>2</sup>.

*Потеря активности въ замкнутомъ пространствѣ. Скорость разрушенія эманации* <sup>3</sup>.—Замкнутое пространство, активированное радіемъ, а затѣмъ лишенное вліянія послѣдняго, теряетъ свою активность по закону, гораздо менѣе быстрому, чѣмъ законъ потери активности на открытомъ воздухѣ. Можно, на примѣръ, сдѣлать опытъ со стеклянной трубкой, внутренность которой была активирована посредствомъ сообщенія ея въ теченіе нѣкотораго времени съ растворомъ радіевой соли. Затѣмъ эта трубка запечатывается на лампѣ, и потеря активности опредѣляется измѣреніемъ интенсивности излученія, испускаемаго наружными стѣнками трубки.

Законъ потери активности—опять таки показательный законъ. Съ большою точностью дается онъ слѣдующей формулой:

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

гдѣ  $I_0$ —начальная интенсивность излученія,  $I$ —интенсивность излученія въ моментъ времени  $t$ ,  $\theta$ —постоянная времени =  $4.970 \times 10^5$  секундъ.

Интенсивность излученія уменьшается на половину черезъ 4 дня.

Этотъ законъ потери активности абсолютно неизмѣненъ, каковы бы ни были условія опыта (размѣры замкнутаго пространства, вещество стѣнокъ, природа находящагося внутри газа, продолжительность активированія и пр.). Законъ потери активности остается однимъ и тѣмъ же, какова бы ни была температура въ предѣлахъ отъ  $-180^\circ$  до  $+450^\circ$ . Этотъ законъ потери

<sup>1</sup> Debierne, Comptes rendus, 16 февраля 1903 г.

<sup>2</sup> Rutherford, Phil. Mag., февраль 1900 г.

<sup>3</sup> P. Curie, Comptes rendus, 17 ноября 1902 г.

активности въ высшей степени характеренъ и можетъ служить для опредѣленія абсолютно независимаго эталона времени.

Активность стѣнокъ поддерживается въ этихъ опытахъ аккумулярованной въ газѣ радиоактивной энергіей. Дѣйствительно, если изъ замкнутого пространства удалить газъ и сдѣлать въ немъ пустоту, то оказывается, что стѣнки очень быстро теряютъ свою активность, такъ что интенсивность излученія уменьшается наполовину черезъ 28 минутъ. Тотъ же результатъ получается и тогда, если активированный воздухъ въ пространствѣ замѣнить воздухомъ обыкновеннымъ.

Законъ потери активности, сопровождающейся понижениемъ ея въ 4 дня наполовину, характеризуетъ разсѣяніе аккумулярованной въ газѣ радиоактивной энергіи. Если пользоваться выраженіемъ, принятымъ Рутерфордомъ, то можно сказать, что радіевая эманация исчезаетъ самопроизвольно въ функціи времени, уменьшаясь наполовину въ теченіе 4 дней.

Торіевая эманация—другого рода; она и исчезаетъ гораздо быстрѣе. Способность активированія уменьшается наполовину приблизительно черезъ 1 минуту 10 секундъ.

Активіевая эманация исчезаетъ еще быстрѣе, уменьшаясь наполовину черезъ нѣсколько секундъ.

Эльстеръ и Гейтель показали, что въ атмосферномъ воздухѣ существуетъ, правда—въ очень слабой степени, радиоактивная эманация, аналогичная эманациямъ, испускаемымъ радиоактивными тѣлами. Подъ вліяніемъ этой эманации активируются протянутыя въ воздухѣ металлическія проволоки, поддерживаемыя при отрицательномъ потенциалѣ. Особенно много эманации содержится въ воздухѣ, взятомъ посредствомъ особой трубки изъ-подъ почвы. Происхожденіе этой эманации еще неизвѣстно <sup>1</sup>.

Въ воздухѣ, взятомъ изъ нѣкоторыхъ минеральныхъ водъ, имѣется подобная эманация, которой почти вовсе нѣтъ въ воздухѣ, содержащемся въ морской и рѣчной водѣ.

*Природа эманаций.*—По Рутерфорду, эманация радиоактивнаго тѣла представляетъ собою исходящій изъ этого тѣла матеріальный радиоактивный газъ. Во многихъ отношеніяхъ радіевая эманация дѣйствительно напоминаетъ собою обыкновенный газъ.

Если сообщить другъ съ другомъ два стеклянныхъ сосуда, въ одномъ изъ которыхъ имѣется эманация, тогда какъ въ другомъ ея нѣтъ, то эманация начинаетъ диффундировать изъ перваго сосуда

<sup>1</sup> Elster u. Geitel, Physik. Zeitschrift, 15 сентября 1902 г.

во второй, и когда установится равновѣсіе, то оказывается, что эманация распредѣлилась по обоимъ сосудамъ, какъ это было бы въ случаѣ обыкновеннаго газа; при сохраненіи въ обоихъ сосудахъ одной и той же температуры, эманация, распредѣляется въ нихъ пропорціонально ихъ объемамъ; если же температуры различны, то она распредѣляется, какъ совершенный газъ, подчиняющійся законамъ Мариотта и Гей-Люссака. Чтобы увидѣть это, достаточно измѣрить излученіе перваго сосуда до и послѣ того, какъ эманация разоидется по обоимъ сосудамъ; это излученіе пропорціонально количеству содержащейся въ сосудѣ эманации. А такъ какъ на диффузію требуется нѣкоторое время, пока наконецъ наступитъ равновѣсіе, то для точности относящагося къ опыту вычисленія необходимо приять во вниманіе и разрушеніе эманации съ теченіемъ времени <sup>1</sup>.

Радіевая эманация диффундируетъ вдоль узкой трубки, слѣдуя законамъ диффузіи газовъ; ея коэффициентъ диффузіи представляетъ собою величину, вполне сравнимую съ коэффициентомъ диффузіи углекислоты <sup>2</sup>.

Рутерфордъ и Содди показали, что при температурѣ жидкаго воздуха эманации радія и торія конденсируются, какъ еслибы онѣ были газами, могущими обращаться при этой температурѣ въ жидкость. Если пропустить струю заполненнаго эманацией воздуха черезъ змѣевикъ, погруженный въ жидкій воздухъ, то струя эта теряетъ свои радиоактивныя свойства; эманация остается въ конденсированномъ видѣ въ змѣевикѣ, а при нагрѣваніи этого послѣдняго снова переходитъ въ газообразное состояніе. Радіевая эманация конденсируется при  $-150^{\circ}$ , а торіевая—при температурѣ, лежащей въ предѣлахъ отъ  $-100^{\circ}$  до  $-150^{\circ}$  <sup>3</sup>. Можно сдѣлать слѣдующій опытъ: два закрытыхъ стеклянныхъ резервуара, одинъ большой и одинъ маленькій, соединяютъ короткой трубкой съ краномъ; оба они заполняются газомъ, активированнымъ радіемъ, а въ слѣдствіе этого оба начинаютъ свѣтиться. Маленькій резервуаръ погружается въ жидкій воздухъ, — и вся находящаяся въ немъ эманация конденсируется; по истеченіи нѣкотораго времени кранъ закрывается, и такимъ образомъ резервуары разобщаются. Тогда маленький резервуаръ вынимаютъ изъ жидкаго воздуха. Оказывается, что вся активность находится именно въ этомъ резервуарѣ. Чтобы удостовѣриться въ этомъ, наблюдаютъ фосфоресценцію стекла обоихъ

<sup>1</sup> P. Curie et J. Danne, Comptes rendus, 2 июня 1903 г.

<sup>2</sup> P. Curie et J. Danne, Comptes rendus, 2 июня 1903 г.

<sup>3</sup> Rutherford et Soddy, Phil Mag., май 1903 г.



резервуаровъ. Большой резервуаръ не свѣтится, тогда какъ свѣщеніе маленькаго таково же, какимъ было и въ началѣ опыта. Особенно блестяще удастся этотъ опытъ въ томъ случаѣ, если стѣнки обоихъ резервуаровъ покрыты фосфоресцирующимъ сѣрнистымъ цинкомъ.

Впрочемъ, еслибы эманация радія была совершенно подобна сгущающемуся въ жидкость газу, то температура конденсированія ея охлажденіемъ должна была бы быть функцией количества эманации, содержащагося въ опредѣленномъ объемѣ воздуха, чего, однако, до сихъ поръ не было наблюдаемо.

Надо также замѣтить, что эманация очень легко проходитъ черезъ отверстія и мельчайшія поры твердыхъ тѣлъ въ такихъ условіяхъ, въ которыхъ обыкновенные матеріальные газы циркулируютъ лишь крайне медленно.

Наконецъ эманация радія отличается отъ обыкновеннаго матеріальнаго газа еще и тѣмъ, что сама собою разрушается даже и тогда, если находится въ занаткнутой стеклянной трубкѣ. По крайней мѣрѣ и въ этихъ условіяхъ наблюдается исчезновеніе радиоактивнаго свойства. Впрочемъ, это послѣднее до сихъ поръ одно только и характеризуетъ эманацию, такъ какъ пока еще не установлено съ достаточною точностью ни существованія характернаго спектра эманации, ни обусловливаемого ею давленія.

Совсѣмъ недавно Рамсей и Содди наблюдали въ спектрѣ извлеченныхъ изъ радія газовъ новыя линіи, которыя, по ихъ мнѣнію, принадлежатъ, быть можетъ, радіевой эманации. Они нашли также, что въ извлеченныхъ изъ радія газахъ находится гелій, который въ присутствіи радіевой эманации образуется самъ собою<sup>1</sup>. Если эти результаты, важность и значеніе которыхъ не подлежатъ сомнѣнію, подтвердятся, тогда на эманацию можно будетъ смотрѣть, какъ на непостоянный газъ, а гелій можно будетъ считать однимъ изъ продуктовъ самопроизвольнаго разложенія этого газа.

Эманации радія и торія, повидимому, не измѣняются подъ дѣйствіемъ очень энергичныхъ химическихъ агентовъ, а потому Рутерфордъ и Содди и относятъ ихъ къ газамъ группы аргона<sup>2</sup>.

*Измѣненіе активности активированныхъ жидкостей и радіеносныхъ растворовъ.*—Если какую либо жидкость, налитую въ сосудъ, помѣститъ въ активирующій ящикъ, эта жидкость становится радиоактивною. Если затѣмъ ее вынуть изъ ящика и оста-

<sup>1</sup> Ramsay u. Soddy, *Physik. Zeitschrift*, 15 сентября 1903 г.

<sup>2</sup> *Phil. Mag.* 1902 г., стр. 580; 1903 г., стр. 457.

вить на открытомъ воздухѣ, она быстро теряетъ свою активность, передавая ее окружающимъ твердымъ тѣламъ и газу. Если активированную жидкость заключить въ закупоренный флакончикъ, она теряетъ свою активность гораздо медленнѣе. Ея активность уменьшается вдвое черезъ 4 дни, какъ это было бы и съ помѣщеннымъ въ замкнутый сосудъ активированнымъ газомъ. Этотъ фактъ можно объяснить, предполагая, что въ жидкостяхъ радиоактивная энергія аккумулируется въ такомъ же видѣ, какъ и въ газахъ (въ видѣ эманациі).

Что касается раствора радіеносной соли, то и съ нимъ дѣло обстоитъ также. Прежде всего необходимо замѣтить, что растворъ соли радія, пробывшій въ теченіе нѣкотораго времени въ замкнутомъ пространствѣ, не активнѣе палитой въ сосудъ чистой воды, находящейся въ томъ же пространствѣ, разъ только въ немъ установилось равновѣсіе активности. Если такой растворъ выпнуть изъ активизирующаго пространства и оставить въ широкомъ открытомъ сосудѣ на свободномъ воздухѣ, то активность распространяется по окружающему сосудъ пространству, а самый растворъ обращается понемногу почти въ совершенно неактивный, хотя и содержитъ въ себѣ радій. Если помѣстить тогда этотъ, потерявшій свою активность, растворъ въ закрытый флакончикъ, то онъ понемногу, черезъ двѣ недѣли, снова получаетъ предѣльную активность, которая можетъ быть весьма значительною. Что же касается активированной жидкости, въ которой нѣтъ радія и которая потеряла на открытомъ воздухѣ свою радиоактивность, то и при продолжительномъ нахожденіи ея въ закрытомъ флакончикѣ она уже не получаетъ вновь этой активности.

*Теорія радиоактивности.* — Бюри и Дебьернъ предложили общую теорію, позволяющую, такъ сказать, координировать только что изложенные мною результаты изученія индуктированной радиоактивности, представляющіе собою факты, совершенно независимые отъ какой бы то ни было гипотезы<sup>1</sup>.

Можно думать, что каждый атомъ радія дѣйствуетъ, какъ безпрерывный и постоянный источникъ энергій, причемъ отнюдь не необходимо знать, откуда пронетекаетъ эта энергія. Аккумулированная въ радіи радиоактивная энергія стремится къ разсѣянію двумя путями: 1) посредствомъ излученія (лучи, заряженные и незаряженные электричествомъ), и 2) посредствомъ проводимости, т. е. перехода на окружающія тѣла, газы и жидкости (выдѣленіе эманациі и преобразование ея въ индуктированную радиоактивность).

<sup>1</sup> Curie et Debierne, Comptes rendus. 29 іюля 1901 г.

Потеря радиоактивной энергии как вследствие излучения, так и через посредство проводимости возрастает вместе с количеством аккумулярованной в радиоактивном теле энергии. Равновесие процесса должно непременно установиться, когда двойная потеря, о которой я только что говорила, компенсирует безпрерывный приток ей, образуемый радиемъ. Этотъ взглядъ аналогиченъ взгляду, принятому при толкованіи явленій калорическаго характера. Если внутри нѣкотораго тела образуется по какой либо причинѣ безпрерывное и постоянное выдѣленіе тепла, то теплота аккумулируется въ этомъ телѣ, а температура его повышается до тѣхъ поръ, пока потеря тепла черезъ лученепусканіе и проводимость не придетъ въ равновѣсіе съ непрерывнымъ притокомъ теплоты.

Вообще, если не говорить о нѣкоторыхъ особыхъ условіяхъ, активность черезъ твердыя тела не передается. Когда растворъ сохраняется въ запаянной трубкѣ, потери черезъ лученепусканіе не имѣютъ мѣста, и радірующая активность раствора принимаетъ болѣе высокое значеніе.

Если же растворъ находится въ открытомъ сосудѣ, то потери активности черезъ проводимость становится значительною, и вследствие этого радірующая активность раствора дѣлается очень слабою.

Радірующая активность твердой радіеосной соли, оставленной на открытомъ воздухѣ, не уменьшается замѣтнымъ образомъ, потому что индукированную радиоактивность производитъ только очень тонкій поверхностный слой, такъ какъ въ твердыхъ телахъ распространеніе радиоактивности черезъ проводимость не имѣетъ мѣста. Дѣйствительно, оказывается, что растворъ той же самой соли производитъ явленія индукированной радиоактивности въ несравненно болѣе интенсивной степени. Что же касается твердой соли, то въ ней аккумулируется радиоактивная энергія, которая расфѣивается, вообще говоря, черезъ лученепусканіе. Когда же соль въ теченіе нѣсколькихъ дней простоятъ въ растворѣ, то радиоактивная энергія распределяется между водою и солью, а если ихъ отдѣлить другъ отъ друга дистилляціей, то вода увлекаетъ значительную часть активности, а твердая соль становится гораздо менѣе (разъ въ 10—15) активной, чѣмъ была до растворенія. Затѣмъ мало по малу твердая соль снова получаетъ свою первоначальную активность.

Предыдущую теорію можно попытаться сдѣлать еще болѣе точною, если представить себѣ, что радиоактивность самого радія, по крайней мѣрѣ въ значительной степени, преходитъ вследствие перехода радиоактивной энергии въ эманацию.

На каждый атомъ радіа можно смотрѣть, какъ на безпрерывный и постоянный источникъ эманациі. Въ то время, какъ образуется этотъ видъ энергіи, она переходитъ и въ радиоактивную энергію излученій Беккереля; скорость подобнаго перехода пропорціональна количеству аккумулярованной эманациі.

Когда радіеносный растворъ находится въ инициѣ, эманациа можетъ распространиться по этому послѣднему и осѣдать на стѣнкахъ. Здѣсь она трансформируется въ излученіе, тогда какъ растворъ испускаетъ лишь очень немного лучей Беккереля. Въ твердой же соли эманациа не можетъ уйти съ такою легкостью и потому аккумуляруется и на мѣстѣ же переходитъ въ излученіе Беккереля; это послѣднее достигаетъ довольно значительной величины<sup>1</sup>.

Еслибы эта теорія радиоактивности была общаго характера, то слѣдовало бы думать, что эманацию испускаютъ все радиоактивные тѣла,—что, однако, найдено только для радіа, торія и актинія. Особенно много ея испускаетъ послѣднее вещество, даже въ твердомъ состояніи. Уранъ и полоній, повидимому, не испускаютъ эманациі, испуская, однако, лучи Беккереля. Эти тѣла, находясь въ закрытомъ сосудѣ, не вызываютъ индуктированной радиоактивности, какъ это дѣлаютъ радиоактивные тѣла, о которыхъ говорилось выше. Этотъ фактъ отнюдь не противорѣчитъ вышеназженной теоріи. Дѣйствительно, еслибы уранъ и полоній испускали очень быстро разрушающіяся эманациі, то было бы очень трудно наблюдать увлеченіе этихъ эманациі воздухомъ и вызываемыя ими на близлежащихъ тѣлахъ явленія индуктированной радиоактивности. Такая гипотеза ничуть не невѣроятна, такъ какъ времена, съ теченіе которыхъ количества радіевой и торіевой эманациі уменьшаются наполовину, относятся другъ къ другу, какъ 5000 къ 1. Впрочемъ, скоро мы увидимъ, что въ нѣкоторыхъ условіяхъ и уранъ можетъ вызывать индуктированную радиоактивность.

*Другой видъ индуктированной радиоактивности.*—Согласно закону, которому подчиняется потеря активности на открытомъ воздухѣ твердыми, активированными радіемъ, тѣлами, радіирующая активность эта черезъ день становится почти совершенно незамѣтной.

Однако нѣкоторые тѣла представляютъ исключеніе: такими являются целлулоидъ, парафинъ, каучукъ и др. Если эти тѣла активировались достаточно долго, они теряютъ свою активность медленнѣе, чѣмъ того требуетъ законъ: часто нужно пятнадцать

<sup>1</sup> Curie, Comptes rendus, 26 января 1903 г.

или двадцать дней для того, чтобы активность стала незамѣтной. Эти тѣла какъ бы обладаютъ свойствомъ пропитываться радиоактивной энергіей въ видѣ эманацин; они затѣмъ теряютъ понемногу эту энергію, вызывая въ окружающемъ ихъ пространствѣ индуцированную радиоактивность.

*Медленная эволюція индуцированной радиоактивности.*— Наблюдается еще одинъ совершенно иной видъ индуцированной радиоактивности, появляющійся, повидимому, на всѣхъ тѣлахъ, если они цѣлыми мѣсяцами содержатся въ активирующемъ пространствѣ. Когда же эти тѣла удалены изъ такого пространства, то сперва ихъ активность уменьшается до весьма незначительной величины, слѣдую общему закону (уменьшеніе наполовину въ полчаса); но стоитъ только активности достигнуть приблизительно  $\frac{1}{20000}$  своего начального значенія,—и она не уменьшается, а иногда даже и увеличивается. У насъ есть мѣдныя, алюминіевыя и стеклянные пластинки, которые сохраняютъ такимъ образомъ остаточную активность въ продолженіе болѣе чѣмъ шести мѣсяцевъ.

Эти явленія индуцированной радиоактивности, представляющія гораздо болѣе медленную эволюцію, повидимому, совершенно иной природы, чѣмъ обыкновенныя такія же явленія.

Какъ для образованія, такъ и для исчезновенія такого вида индуцированной радиоактивности необходимо значительное время.

*Индуктированная радиоактивность на веществахъ, находящихся въ растворѣ съ радіемъ.*—При обработкѣ радиоактивнаго минерала для выдѣленія изъ него содержащагося въ немъ радія, пока эта работа не доведена до конца, производится химическія отдѣленія, послѣ которыхъ вся радиоактивность находится цѣликомъ въ одномъ изъ продуктовъ реакцій, тогда какъ другой продуктъ совершенно не активенъ. Такимъ образомъ отдѣляются съ одной стороны радіирующие продукты, которые могутъ быть въ нѣсколько сотъ разъ активнѣе урана, а съ другой—мѣдь, сурьма, мышьякъ и пр., абсолютно не активныя. Нѣкоторые другія тѣла (железо, свинецъ) никогда не отдѣлялись въ совершенно неактивномъ видѣ. Но мѣрѣ концентрированія радіирующихъ тѣлъ происходитъ уже нѣчто иное: ни одно химическое отдѣленіе не даетъ абсолютно неактивныхъ продуктовъ; всѣ порціи, являющіяся результатомъ отдѣленія, всегда активны въ той или иной степени.

Послѣ открытія индуцированной радиоактивности Гизель первый попробовалъ активировать обыкновенный неактивный висмутъ, держа его въ растворѣ вмѣстѣ съ сильно активнымъ радіемъ. Та-

кимъ образомъ онъ получилъ радиоактивный висмутъ<sup>1</sup> и заключилъ отсюда, что извлеченный изъ смоляной обманки полоній, вѣроятно, есть, собственно говоря, висмутъ, активированный содержащимся въ той же обманкѣ радіемъ.

Я также приготовила активированный висмутъ, держа его въ растворѣ вмѣстѣ съ очень активной радіеносою солью.

Производство этого опыта очень затруднительно, такъ какъ онъ требуетъ чрезвычайныхъ предосторожностей, дабы имѣть возможность удалить изъ раствора радій. Если только подумать о томъ, что для образованія очень значительной радиоактивности въ граммѣ вещества достаточно ничтожно-малаго количества радія, то никогда не повѣришь, что активированный препаратъ достаточно промытъ и очищенъ. Каждая очистка его влечетъ за собою пониженіе активности активированнаго препарата.

Полученные мною результаты, повидимому, точно устанавливаютъ, что радій вызываетъ активность, остающуюся и по его удаленіи. Такимъ образомъ, фракціонируя нитратъ своего активированнаго висмута осажденіемъ азотнокислаго раствора водою, я нахожу, что послѣ очень тщательной очистки онъ фракціонируется, какъ полоній, т. е. такъ, что наиболѣе активная часть осаждается прежде всего.

Если произведенной очистки недостаточно, то дѣло обстоитъ какъ разъ наоборотъ, показывая, что вмѣстѣ съ активированнымъ висмутомъ находятся еще и слѣды радія. Такимъ образомъ мною былъ полученъ активированный висмутъ, ходъ фракціонированія котораго указывалъ на значительную чистоту и который былъ въ 2000 разъ активнѣе урана. Съ теченіемъ времени активность этого висмута понижается. Другая часть того же препарата, приготовленная съ тѣми же самыми предосторожностями и фракціонирующаяся совершенно также, сохраняетъ совершенно неослабѣвающую активность въ теченіе нѣкотораго времени, которое теперь достигло около трехъ лѣтъ.

Эта активность въ 150 разъ больше активности урана.

Оставляя въ растворѣ съ радіемъ свинецъ и серебро, я активировала и ихъ. Чаще всего полученная такимъ образомъ индутированная радиоактивность совершенно не уменьшается съ теченіемъ времени, но она не выдерживаетъ обыкновенно нѣсколькихъ послѣдовательныхъ химическихъ превращеній активированнаго тѣла.

Дебьернъ<sup>2</sup> активировалъ барій, оставляя его въ растворѣ

<sup>1</sup> Giesel, Société de Physique de Berlin, январь 1900 г.

<sup>2</sup> Debierne, Comptes rendus, июль 1900 г.

вмѣстѣ съ актиномъ. Такой активированный барій остается активнымъ и послѣ различныхъ химическихъ превращеній; его активность есть атомное свойство, достаточно устойчивое. Активированный хлористый барій фракционируется точно также, какъ и радіосный: наиболѣе активныя его части наименѣе растворимы въ водѣ и разбавленной соляной кислотѣ. Сухое хлористое соединеніе свѣтится само собою; его Беккерелево излученіе одинаково съ такимъ же излученіемъ радіоснаго хлористаго барія. Дебьернъ получилъ активированный хлористый барій, въ 1000 разъ болѣе активный, чѣмъ уранъ. Однако у этого барія не было всѣхъ особенностей радія, ибо онъ ни въ одномъ спектроскопѣ не давалъ наиболѣе сильныхъ радіевыхъ линій. Болѣе того, съ теченіемъ времени его активность уменьшалась, и черезъ три недѣли онъ сталъ втрое слабѣе, чѣмъ былъ раньше.

Теперь надо изслѣдовать еще вопросъ объ активированіи веществъ, находящихся въ одномъ растворѣ съ радиоактивными тѣлами. Въ зависимости отъ тѣхъ или другихъ условій опыта, можно, повидимому, получить болѣе или менѣе устойчивыя формы атомной индукированной радиоактивности. Въ этихъ условіяхъ индукированная активность, быть можетъ, та же, что и получаемая продолжительнымъ активированіемъ на разстояніи въ активнующемъ ящикѣ. Здѣсь можно задаться вопросомъ, поскольку атомная индукированная радиоактивность отзывается на химической природѣ атома, и не можетъ ли она измѣнить химическихъ свойствъ послѣдняго, либо, такъ сказать, мимоходомъ, либо постоянно.

Химическое изученіе тѣлъ, активированныхъ на разстояніи, усложняется тѣмъ фактомъ, что активированіе ограничивается очень тонкимъ поверхностнымъ слоемъ, и что поэтому трансформированіе можетъ коснуться лишь крайне незначительной части вещества.

Индуктированную активность можно также получить, оставляя нѣкоторые вещества въ одномъ растворѣ съ ураномъ. Опытъ удастся съ баріемъ. Если, какъ это дѣлалъ Дебьернъ, прибавить къ раствору урана и барія сѣрной кислоты, то активность уходитъ вмѣстѣ съ осаждающимся сѣрнокислымъ баріемъ; урановая же соль въ это время теряетъ часть своей активности. Беккерель нашелъ, что при многократномъ повтореніи этой операціи уранъ получается почти неактивнымъ. Поэтому можно было бы думать, что подобной операціей изъ урана можно извлечь отличное отъ этого металла радиоактивное тѣло, присутствіе котораго вызывало радиоактивность урана. Однако ничего подобнаго на самомъ дѣлѣ нѣтъ, ибо по истеченіи нѣсколькихъ мѣсяцевъ у урана снова появляется перво-

начальная активность; что же касается осадившагося сѣрноокислаго барія, то онъ, напротивъ того, теряетъ приобретенную активность.

Аналогическое явленіе имѣетъ мѣсто и въ случаѣ употребленія торія. Рутерфордъ осаждаетъ растворъ торіевой соли амміакомъ; сливая растворъ, онъ выпариваетъ его досуха. Онъ получаетъ такимъ образомъ незначительное количество весьма активного остатка, а осадившійся торій оказывается менѣе активнымъ, чѣмъ былъ раньше. Съ теченіемъ времени этотъ активный остатокъ, которому Рутерфордъ далъ названіе торія  $\alpha$ , теряетъ свою активность, тогда какъ у торія первоначальная активность восстанавливается <sup>1</sup>.

Къ радіоактивности, индуцируемой въ растворѣ, различными тѣла относятся, повидимому, неодинаково: одни изъ нихъ активируются лучше, другія—хуже.

*Разсѣиваніе радіоактивной пыли и индуцированной радіоактивности лабораторіи.*—Если при изученіи сильно радіоактивныхъ веществъ желательно имѣть возможность продолжать производство тонкихъ измѣреній, то слѣдуетъ принять особыя предосторожности. Всѣ предметы, употребляемые въ химической лабораторіи и служащіе для физическихъ опытовъ, становятся радіоактивными и дѣйствуютъ на фотографическія пластинки съвозъ черную бумагу. Пылинки, комнатный воздухъ и платье дѣлаются радіоактивными. Въ лабораторіи, гдѣ мы работаемъ, это зло достигло крайней степени, и мы не можемъ уже имѣть ни одного хорошо изолированнаго прибора.

Чтобы избѣжать, насколько это возможно, разсѣянія активной пыли, а равно и явленій индуцированной активности, надо принимать особенныя предосторожности.

Никогда не слѣдуетъ вносить въ комнату, гдѣ производится физическія изслѣдованія, предметовъ, употребляющихся въ химіи. Надо по возможности избѣгать ненужнаго присутствія въ этой комнатѣ активныхъ веществъ. Въ работахъ со статическимъ электричествомъ мы имѣли обыкновеніе прежде, чѣмъ начать эти изслѣдованія, устанавливать сообщеніе между различными приборами. Производилось это съ помощью изолированныхъ металлическихъ проволокъ, предохранявшихся сообщающимися съ землею металлическими цилиндрами, защищавшими проволоки отъ всякаго внѣшняго электрическаго вліянія. При изученіи радіоактивныхъ тѣлъ такое расположеніе совершенно излишне; такъ какъ воздухъ становится проводникомъ, то изоляція между проволокой и цилиндромъ плохая,

<sup>1</sup> Rutherford u. Soddy, Zeitschrift f. physik. Chemie, т. XLII, 1902 г., стр. 81.



а неизбежная электродвижущая сила контакта между проволокою и цилиндромъ стремится образовать въ воздушномъ промежуткѣ токъ и отклонить зеркало электрометра. Теперь мы предохраняемъ всѣ проволоки отъ воздуха, помѣщая ихъ, напримѣръ, въ среднѣ цилиндровъ, наполненныхъ парафиномъ или другимъ изолирующимъ веществомъ. При этихъ изслѣдованіяхъ лучше всего пользоваться электрометрами, герметически закрытыми.

*Активированіе безъ дѣйствія радиоактивныхъ веществъ.*— Дѣлалась попытка производить индуктированную радиоактивность помимо дѣйствія радиоактивныхъ веществъ.

Вилларъ <sup>1</sup> подвергалъ дѣйствию катодныхъ лучей кусочекъ висмута, служившій въ круксовой трубкѣ антикатодомъ; при такихъ условіяхъ этотъ висмутъ становился активнымъ, хотя, правда, активность его была чрезвычайно слаба: для полученія фотографическаго снимка требовалась восьмидневная экспозиція.

Макъ-Леннанъ подвергалъ различныя соли дѣйствию катодныхъ лучей, а затѣмъ слегка нагревалъ ихъ. Тогда эти соли приобрѣтали свойство разряжать положительно заряженные тѣла <sup>2</sup>.

Работы этого рода представляютъ громадный интересъ. Еслибы, пользуясь извѣстными физическими агентами, можно было вызывать значительную радиоактивность въ тѣлахъ, бывшихъ до того не активными, то мы могли бы надѣяться на нахожденіе такимъ путемъ причины самопроизвольной радиоактивности нѣкоторыхъ веществъ.

*Измѣненія радиоактивности радиоактивныхъ тѣлъ. Вліяніе растворенія.*—Активность полонія, какъ я говорила уже выше, уменьшается съ теченіемъ времени. Это уменьшеніе очень медленно, и надо думать, что оно совершается не для всѣхъ препаратовъ съ одинаковою скоростью. Одинъ изъ препаратовъ азотнокислаго висмута съ полоніемъ потерялъ половину своей активности черезъ 11 мѣсяцевъ, а черезъ 33 мѣсяца активность его уменьшилась на 95%. Остальные препараты того же азотнокислаго висмута показали аналогичное уменьшеніе.

Изъ азотистаго висмута былъ приготовленъ металлическій висмутъ съ полоніемъ; онъ оказался въ 100.000 разъ активнѣе урана; въ настоящее время этотъ металлическій висмутъ является тѣломъ лишь средней радиоактивности (онъ активнѣе урана лишь въ 2000 разъ). Его радиоактивность время отъ времени из-

<sup>1</sup> Villard, Société de Physique, июль 1900 г.

<sup>2</sup> Mac Lennan, Phil. Mag., февраль 1902 г.

мѣрялась. Въ теченіе 6-ти мѣсяцевъ этотъ металлъ потерялъ 67% своей радиоактивности.

Химическія реакціи облегчаютъ, повидному, потерю радиоактивности. Если химическія реакціи производить быстро, то онѣ не ведутъ за собой значительной потери радиоактивности.

Въ противоположность тому, что происходитъ съ полоніемъ, радіеносныя соли обладаютъ постоянною радиоактивностью, не уменьшающеюся замѣтнымъ образомъ даже по истеченіи нѣсколькихъ лѣтъ.

Если соль радія только что приготовлена въ твердомъ видѣ, то она обладаетъ непостоянною активностью. Ея активность, начиная съ момента приготовленія соли, все время увеличивается и только черезъ мѣсяць достигаетъ болѣе или менѣе предѣльнаго неизмѣннаго значенія. Совсѣмъ иначе обстоитъ дѣло, если мы имѣемъ растворъ. Если послѣдній только что приготовленъ, то сначала онъ очень активенъ; но, будучи оставленъ на открытомъ воздухѣ, онъ понемногу теряетъ свою активность, которая достигаетъ наконецъ нѣкотораго предѣльнаго значенія, могущаго быть значительно меньше начальной активности. Такія измѣненія активности впервые наблюдались Гизелемъ<sup>1</sup>; ихъ прекрасно можно объяснить съ точки зрѣнія эманацин. Уменьшеніе активности раствора соответствуетъ потерѣ эманацин, уходящей въ окружающее пространство. Уменьшеніе активности гораздо меньше, если растворъ находится въ запаянной трубкѣ. Растворъ, потерявшій на открытомъ воздухѣ свою активность, приобретаетъ ее снова, если его помѣститъ въ запаянную трубку. Періодъ увеличенія активности соли, которая только что переведена изъ раствора въ твердое состояніе, таковъ же, какъ и тотъ, въ теченіе котораго эманация снова собирается въ твердомъ радіѣ.

Вотъ нѣсколько опытовъ, относящихся къ данному вопросу:

Въ теченіе двухдневнаго пребыванія радіеноснаго хлористаго барія на открытомъ воздухѣ, активность его уменьшилась въ 300 разъ.

Растворъ помѣщается въ закрытомъ сосудѣ. Этотъ послѣдній открывается, растворъ выливается въ чашечки, и тогда начинаютъ измѣрять его активность:

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

Растворъ радіеноснаго хлористаго барія наливается въ запаян-

<sup>1</sup> Giesel, W i e d. A n n., т. LXIX, стр. 91.



Если растворъ разбавленъ, то соль теряетъ свою активность очень быстро; на это указываютъ слѣдующіе опыты: три одинаковыя порціи одной и той же соли были растворены въ одинаковыхъ количествахъ воды. Первый растворъ *a* оставался въ теченіе часа на открытомъ воздухѣ, а затѣмъ былъ высушенъ. Второй растворъ *b* подвергался въ теченіе часа продуванію черезъ него струи воздуха, послѣ чего опять-таки былъ высушенъ. Третій же растворъ *c* былъ высушенъ послѣ 13-дневнаго пребыванія на открытомъ воздухѣ. Начальныя активности всѣхъ трехъ солей были таковы:

Для <i>a</i> . . . . .	145,2
„ <i>b</i> . . . . .	141,6
„ <i>c</i> . . . . .	102,6

Предѣльная активность той же соли—около 470. Мы видимъ, что наибольшее дѣйствіе имѣло мѣсто къ концу часа. Болѣе того, пропусканіе въ продолженіе цѣлаго часа черезъ растворъ *b* струи воздуха оказало лишь очень незначительное вліяніе. Количество растворенной соли составляло около 0,5 процента.

Радиоактивная энергія въ видѣ эманацин распространяется съ трудомъ съ твердаго радія по воздуху; что касается жидкостей, то и онѣ оказываютъ нѣкоторое сопротивленіе распространенію радиоактивной энергіи отъ твердаго радія. Если водный растворъ радіеноснаго сульфата взбалтывать въ теченіе цѣлаго дня, то и послѣ этого активность останется почти такая же, какъ и активность такого же сульфата, оставленнаго на открытомъ воздухѣ.

Если образовать пустоту надъ радіеносною солью, то это влечетъ за собою удаленіе всей, имѣющейся въ распоряженіи, эманацин. Однако радиоактивность радіеноснаго хлористаго соединенія, надъ которымъ поддерживалась пустота въ теченіе 6 дней, не измѣняется замѣтнымъ образомъ. Этотъ опытъ показываетъ, что радиоактивность соли обусловливается главнымъ образомъ тою радиоактивною энергіей, которая находится внутри вещества, и которую нельзя извлечь образованіемъ пустоты надъ этимъ веществомъ.

Потеря активности, испытываемая радіемъ въ растворенномъ состояніи, нѣсколько больше для лучей, обладающихъ способностью проникать сквозь тѣла, чѣмъ для лучей поглощаемыхъ. Приведемъ нѣсколько примѣровъ.

Радіеносное хлористое соединеніе, достигшее своей предѣльной активности 470, растворяется и остается въ растворѣ въ теченіе часа; затѣмъ его высушиваютъ и измѣряютъ начальную радиоактивность электрическимъ методомъ. Оказывается, что все началь-

ное излучение составляет 0,3 всего предельного излучения. Если интенсивность излучения измерять, покрывая активное вещество алюминиевым экраном в 0,01 мм. толщиной, то оказывается, что проходящее через этот экран начальное излучение составляет всего лишь 0,17 предельного излучения, проходящего сквозь тот же экран.

Если соль остается в растворе в течение 13 дней, то оказывается, что все начальное излучение составляет 0,22 предельного, тогда как излучение, могущее пройти через 0,01 мм. алюминия, составляет 0,13 предельного излучения.

В обоих случаях отношение начального излучения после растворения к предельному для всего излучения в 1,7 раз больше, чем для излучения, проходящего сквозь толщу алюминия в 0,01 мм.

Однако следует заметить, что при высушивании препарата, находившегося в растворе, невозможно избежать некоторого времени, в течение которого состояние этого препарата неопределенно: он и не тверд, и не жидок. Нельзя избежать точно также и некоторого нагревания препарата при быстром удалении воды.

По этим двум причинам совершенно невозможно определить

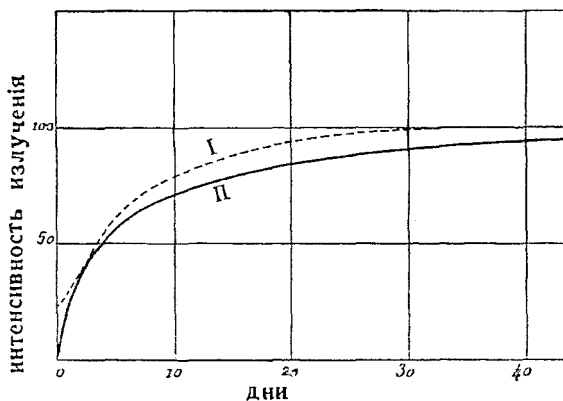


Рис. 13

действительную начальную активность препарата, переходящего из раствора в твердое состояние. В только что описанных опытах одинаковы количества радирующих веществ раство-

рялся въ одномъ и томъ же количествѣ воды; затѣмъ эти растворы выпаривались досуха въ возможно болѣе одинаковыхъ условіяхъ: они нагрѣвались не больше, какъ до  $120^{\circ}$ — $130^{\circ}$ .

Я изучила законъ, по которому увеличивается активность твердой радіеносной соли, начиная съ того момента, когда эта соль только была высушена, и кончая временемъ, когда была достигнута ея предѣльная активность. Въ нижеслѣдующихъ таблицахъ приведены интенсивности излученія въ функціи времени, причемъ предѣльная интенсивность принимается равною 100, а время считается съ того момента, когда препаратъ былъ высушенъ. Таблица I (рис. 13, кривая I) относится ко всему излученію; таблица II (рис. 13, кривая II)—только къ лучамъ, обладающимъ способностью проходить сквозь тѣла (лучи эти проходили черезъ 3 сант. воздуха и 0,01 мм. алюминія):

ТАБЛИЦА I

Время	I.
0 . . . . .	21
1 день . . . . .	25
3 " . . . . .	44
5 " . . . . .	60
10 " . . . . .	78
19 " . . . . .	93
33 " . . . . .	100
67 " . . . . .	100

ТАБЛИЦА II

Время	I.
0 . . . . .	1,3
1 день . . . . .	19
3 " . . . . .	43
6 " . . . . .	60
15 " . . . . .	70
23 " . . . . .	86
46 " . . . . .	94

Я сдѣлала цѣлый рядъ измѣреній подобнаго рода, которыя не вполне согласны между собою, хотя общій характеръ полученныхъ кривыхъ остается одинъ и тотъ же. Трудно достигнуть совершенно вѣрныхъ результатовъ. Однако слѣдуетъ замѣтить, что для того, чтобы активность дошла до предѣльнаго значенія, требуется больше мѣсяца, и что вліяніе растворенія сказывается особенно сильно на лучахъ, обладающихъ наибольшею способностью проникать сквозь тѣла.

Начальная интенсивность излученія, могущаго пройти черезъ 3 сант. воздуха и 0,01 мм. алюминія, составляетъ только  $1\%$  предѣльной интенсивности, тогда какъ начальная интенсивность всего излученія составляетъ  $21\%$  предѣльнаго.

Радіеносная соль, которая находилась въ растворѣ и только что высушена, обладаетъ такою же способностью вызывать индуцированную активность, какъ та же соль, которая, будучи приготовлена въ твердомъ состояніи, оставалась въ немъ въ теченіе нѣкотораго времени, достаточнаго для достиженія предѣльной ра-

диоактивности. Однако эти два препарата обладают совершенно различными активностями: такъ, напр., первый изъ нихъ активенъ въ 5 разъ меньше, чѣмъ второй.

*Измѣненія активности солей радія при нагреваніи.*—При нагреваніи радіоноснаго соединенія, это послѣднее выдѣляетъ изъ себя эманацию и теряетъ свою активность. Потери активности тѣмъ больше, чѣмъ сильнѣе и продолжительнѣе нагреваніе. Такимъ образомъ, нагревая радіоносную соль въ теченіе 1 часа до  $130^{\circ}$ , ея заставляютъ потерять 10% всего излученія; нагреваніе же до  $400^{\circ}$  въ теченіе 10 минутъ почти не оказываетъ никакого вліянія. Нагреваніе въ теченіе нѣсколькихъ часовъ до температуры краснаго каленія уменьшаетъ излученіе на 77%.

На лучахъ, обладающихъ способностью проходить сквозь тѣла, потеря активности при нагреваніи отзывается сильнѣе, чѣмъ на лучахъ поглощаемыхъ. Такимъ образомъ, уменьшая все излученіе на 77%, нагреваніе въ теченіе нѣсколькихъ часовъ уничтожаетъ почти все (99%) то излученіе, которое можетъ пройти черезъ 3 сант. воздуха и 0,1 мм. алюминія. Если радіоносный хлористый барій держать въ теченіе нѣсколькихъ часовъ при температурѣ плавленія ( $800^{\circ}$ ), то излученіе, могущее пройти черезъ 0,3 мм. алюминія, уменьшается на 98%. Можно сказать, что, послѣ сильнаго и продолжительнаго нагреванія, лучей, проходящихъ сквозь тѣла, не остается почти вовсе.

Разъ только радіоносная соль потеряла отъ нагреванія часть своей активности, то это еще не значитъ, что она останется пониженной навсегда. При обыкновенной температурѣ активность регенерируется сама собой и стремится къ нѣкоторому опредѣленному предѣльному значенію. Мнѣ приходилось наблюдать чрезвычайно любопытный фактъ, состоящій въ томъ, что этотъ предѣлъ—выше предѣльной активности соли до нагреванія; но крайней мѣрѣ это происходитъ съ хлористымъ соединеніемъ. Приведу нѣсколько примѣровъ. Радіоносный хлористый барій, который, будучи приготовленъ въ твердомъ состояніи, достигъ своей предѣльной активности, обладаетъ общимъ излученіемъ, выражающимся числомъ 470; то же его излученіе, которое можетъ пройти сквозь толщю алюминія въ 0,01 мм., выражается числомъ 57. Этотъ хлористый барій подвергался нагреванію въ продолженіе нѣсколькихъ часовъ до температуры краснаго каленія. Черезъ 2 мѣсяца послѣ нагреванія онъ достигаетъ предѣльной активности. Все его излученіе равняется 690, а излученіе, проходящее черезъ 0,01 мм. алюминія, выражается числомъ 227. Все излученіе и излученіе, проходящее сквозь

алюминій, увеличиваются въ отношеніяхъ  $\frac{690}{170}$  и  $\frac{227}{156}$ . Оба эти отношенія почти равны другъ другу, и каждое изъ нихъ равно 1,45.

Хлористый радіеносный барій, который послѣ того, какъ былъ приготовленъ въ твердомъ состояніи, достигъ предѣльной активности, равной 62, находился въ теченіе нѣсколькихъ часовъ въ расплавленномъ состояніи: затѣмъ расплавленный продуктъ подвергся распыленію. Онъ приобрѣталъ новую предѣльную активность, которая развилась 140, т. е. была вдвое больше активности, которой

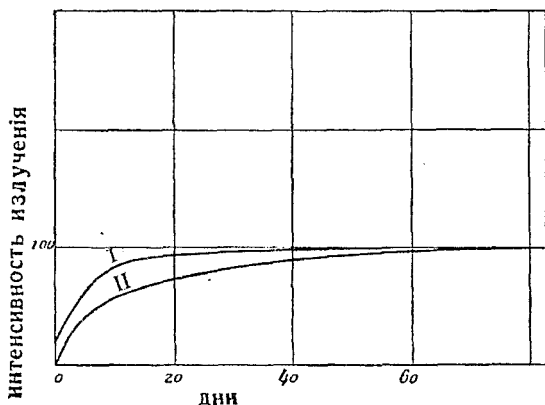


Рис. 14

могъ достигнуть препаратъ, если онъ приготовлялся въ твердомъ состояніи безъ значительнаго нагрѣванія во время высушиванія.

Я изучила законъ увеличенія активности радіеносныхъ соединений послѣ нагрѣванія. Въ видѣ примѣра приведу результаты двухъ рядовъ измѣреній. Числа таблицъ I и II представляютъ собою интенсивность излученія I, причемъ предѣльная интенсивность предполагается равной 100, а время считалось съ момента прекращенія нагрѣванія. Таблица I (рис. 14, кривая I) относится ко всему излученію радіеноснаго хлористаго барія. Таблица II (рис. 14, кривая II) относится къ той части излученія радіеноснаго сѣрнистаго барія, которая обладаетъ способностью проникать сквозь тѣла; интенсивность излученія измѣрялась въ то время, какъ они проходили черезъ 3 сант. воздуха и 0,01 мм. алюминія. Оба препарата нагрѣвались въ теченіе 7-ми часовъ до температуры 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 " . . . . .	95
57 " . . . . .	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 . . . . .	100

Я сдѣлала еще нѣсколько другихъ опредѣленій, по результаты всѣхъ ихъ невольно согласны между собой, совершенно также, какъ это имѣетъ мѣсто при приобрѣтеніи солю активности послѣ растворенія.

Вліяніе нагреванія сказывается и въ томъ случаѣ, когда растворяется нагреваемое радіенное вещество. Одна изъ двухъ пробъ одного и того же радіенного вещества активности 1800 подверглась сильному нагреванію, отчего ее активность уменьшилась до 670. Въ этотъ моментъ обѣ пробы были растворены и оставались въ растворѣ въ теченіе 20 часовъ; ихъ начальныя активности въ твердомъ состояніи были: 460—для ненагрѣвавшегося и 420—для нагревавшегося препарата. Мы видимъ, что существенной разницы между активностями обонхъ препаратовъ нѣтъ. Если оба препарата не остаются въ растворѣ достаточно времени, напр., если высушивать ихъ тотчасъ же по раствореніи, то ненагрѣвавшійся препаратъ оказывается гораздо активнѣе нагревавшегося; для уничтоженія вліянія нагреванія на препаратъ, находившійся въ растворенномъ состояніи, требуется нѣкоторое время. Препарат активности 3200 нагревался, послѣ чего активность его равнялась только 1030. Какъ нагревавшійся, такъ и ненагрѣвавшійся препараты оставались въ растворѣ въ теченіе одного и того же времени; оба они были высушены тотчасъ же послѣ этого. Начальная активность ненагрѣвавшегося препарата равнялась 1450, а нагревавшегося—760.

Нагреваніе сильно вліяетъ на способность твердыхъ радіенныхъ солей вызывать индуктированную радиоактивность. При нагреваніи радіенныхъ соединеній, послѣднія выделяютъ больше эманаций, нежели при обыкновенной температурѣ. Если же затѣмъ эти соединенія снова привести къ обыкновенной температурѣ, то не только

радіоактивность ихъ становится меньше той, которую они имѣли до нагрѣванія, но сильно уменьшается и ихъ активирующая способность. Въ теченіе нѣкотораго времени послѣ нагрѣванія радіоактивность препарата увеличивается и даже можетъ превзойти первоначальную. Активирующая способность восстанавливается также по частямъ; однако послѣ продолжительнаго нагрѣванія до температуры краснаго каленія оказывается уничтоженною почти вся активирующая способность, которая сама собою не восстанавливается. Вернуть активирующую способность радіеносной соли можно, только растворяя ее въ водѣ и высушивая затѣмъ въ банѣ при температурѣ въ 120°. Обжиганіе соли какъ будто бы приводитъ ее въ нѣкоторое особое физическое состояніе, въ которомъ эманация выдѣляется значительно слабѣе, чѣмъ это было у того же самаго твердаго препарата, который не подвергался высокой температурѣ. Вполнѣ естественно, что благодаря этому предѣльная радіоактивность соли нѣсколько выше той, которую она имѣла до нагрѣванія. Чтобы вернуть соль въ прежнее физическое состояніе, достаточно ее растворить и затѣмъ высушить, не нагрѣвая выше 150°. Привожу нѣсколько численныхъ примѣровъ.

Буквой *a* я обозначаю предѣльную индуктированную активность, возбуждаемую въ закрытомъ сосудѣ на мѣдной пластинкѣ радіеноснымъ углекислымъ баріемъ активности 1600.

Для ненагрѣвавшагося препарата принимаемъ:

$$a=100.$$

Оказывается:

черезъ 1 день послѣ нагрѣванія . . . . .	<i>a</i> = 3,3
„ 4 дня „ „ . . . . .	<i>a</i> = 7,1
„ 10 дней „ „ . . . . .	<i>a</i> = 15
„ 20 „ „ „ . . . . .	<i>a</i> = 15
„ 37 „ „ „ . . . . .	<i>a</i> = 15

Отъ нагрѣванія радіоактивность препарата уменьшается на 90%, но черезъ мѣсяць уже она приобретаетъ свое первоначальное значеніе.

Приведу еще одинъ подобный же опытъ, производившійся съ радіеноснымъ хлористымъ баріемъ активности 3000. Активирующая способность опредѣляется совершенно также, какъ и въ предъидущемъ опытѣ.

Активирующая способность ненагрѣвавшагося препарата:

$$a = 100.$$

Активирующая способность препарата послѣ 3-хъ часовъ нагрѣванія его до температуры краснаго каленія равнялась:

черезъ 2 дня послѣ нагреванія . . . . .	2.3
„ 5 дней „ „ . . . . .	7.0
„ 11 „ „ „ . . . . .	8.2
„ 18 „ „ „ . . . . .	8.2

Активирующая способность ненагрѣвавшегося препарата, находившагося въ растворѣ, а затѣмъ высушеннаго при 150° . . . . . 92

Активирующая способность нагревавшегося препарата, находившагося въ растворѣ, а затѣмъ высушеннаго при 150° . . . . . 105

*Теоретическое объясненіе причинъ измененій активности радіеносныхъ солей по раствореніи и нагреваніи.* — Только что изложенные факты отчасти могутъ быть объяснены съ помощью теорій, по которой радій производитъ энергію въ видѣ эманациі, а ужъ эта послѣдняя трансформируется затѣмъ въ энергію излученія. При раствореніи радіевой соли производимая ею эманациія распространяется вѣсь раствора и вызываетъ радиоактивность вѣсь источника, отъ котораго эта послѣдняя происходитъ; твердая соль, получающаяся при выпариваніи раствора, активна въ незначительной степени, такъ какъ эманациія содержитъ въ себѣ лишь немного. Мало по малу эманациія аккумулируется въ соли, активность которой увеличивается до предѣльнаго значенія, достигаемаго тогда, когда образованіе радіемъ эманациі компенсируетъ потерю, уходящую наружу и трансформирующуюся въ лучи Беккереля.

При нагреваніи радіевой соли количество исходящей изъ ней эманациі сильно увеличивается, и явленія индуктированной радиоактивности становятся гораздо интенсивнѣе, чѣмъ при обыкновенной температурѣ. Когда же соль снова приходитъ къ нормальной температурѣ, она истощается, какъ это имѣетъ мѣсто и при раствореніи ея; содержаніе въ ней эманациі дѣлается незначительнымъ, а активность становится очень слабою. Постепенно эманациія снова аккумулируется въ твердой соли, и излученіе этой послѣдней начинаетъ увеличиваться.

Можно думать, что радій служитъ мѣстомъ постоянного образованія эманациі, часть которой уходитъ въ окружающее пространство, тогда какъ остающаяся эманациія въ самомъ же радіи трансформируется въ лучи Беккереля. При нагреваніи радія до температуры краснаго каленія онъ теряетъ значительную часть своей способности активировать; иначе говоря, расходъ эманациі въ окружающее пространство уменьшается. Вслѣдствіе этого та часть эманациі, которая утилизируется въ самомъ радіи, должна быть значительнѣе, и предѣльная активность препарата становится выше.

Можно задаться цѣлью установить теоретическій законъ увеличенія активности твердой радіеносной соли, которая находи-

лась въ растворѣ или была нагрѣта. Мы будемъ считать, что интенсивность излученія радія въ каждый моментъ пропорціональна количеству эманацин  $q$ , содержащейся въ радіи. Мы знаемъ, что эманация разрушается сама собою по закону, выражающемуся въ любой моментъ формулою

$$(1) \quad q = q_0 e^{-t\theta}$$

гдѣ  $q_0$ —количество эманацин въ начальній моментъ, а  $\theta$ —постоянная времени, равная  $4,97 \times 10^4$  сек.

Пусть, съ другой стороны,  $\Delta$  означаетъ расходъ эманацин радіемъ, каковое количество я буду предполагать постояннымъ. Посмотримъ, что было бы, еслибы эманация не уходила въ окружающее пространство. Образующаяся эманация цѣлкомъ шла бы въ такомъ случаѣ въ радіи на образованіе въ немъ излученія. По формулѣ (1)

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

а слѣдовательно, при состояніи равновѣсія въ радіи содержалось бы нѣкоторое количество эманацин  $Q$ , такое, что

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

а излученіе радія было бы тогда пропорціонально  $Q$ .

Предположимъ, что радій находится въ условіяхъ, въ которыхъ онъ теряетъ эманацию наружу; этого можно достигнуть, растворяя радіеносное соединеніе или нагрѣвая его. Равновѣсіе нарушится, и активность радія уменьшится. Но стоить только удалить причину потерн эманацин (привести тѣло въ твердое состояніе или перестать нагрѣвать), — и эманация снова начнетъ аккумуляроваться въ радіи, и мы будемъ имѣть періодъ, въ теченіе котораго расходъ  $\Delta$  будетъ идти на скорость разрушенія  $\frac{q}{\theta}$ . Тогда мы будемъ имѣть:

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

откуда:

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

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

гдѣ  $q_0$  есть количество эманацин въ радіи въ моментъ  $t = 0$ .

Формула (3) показываетъ, что разность между количествомъ эманацин  $Q$ , содержащихся въ радіи въ состояніи равновѣсія, и количествомъ  $q$ , содержащимся въ данный моментъ, уменьшается

въ функціи времени по показательному закону, одинаковому съ закономъ самопроизвольнаго исчезновенія эманациі. Такъ какъ излученіе радія пропорціонально количеству эманациі, то разность между предѣльной и дѣйствительной интенсивностями излученія должна уменьшаться въ функціи времени, по тому же самому закону; разность эта должна уменьшиться вдвое дня черезъ четыре.

Вышеизложенная теорія неполна, такъ какъ въ ней мы пренебрегали потерей эманациі наружу. Да и трудно знать, какъ эта послѣдняя участвуетъ въ функціи времени. При сравненіи опытныхъ данныхъ съ данными этой неполной теоріи, оказывается, что они несовсѣмъ согласны другъ съ другомъ; однако же думаютъ, что въ этой теоріи есть и доля истины. Законъ, по которому уменьшается въ 4 дня вдвое разность между предѣльной и дѣйствительной активностями, съ нѣкоторымъ приближеніемъ представляетъ собою ходъ возвращенія въ теченіе десяти дней потерянной отъ нагрѣванія активности. Въ случаѣ возвращенія активности послѣ растворенія этотъ же самый законъ, повидимому, почти вѣренъ для нѣкотораго періода времени, который начинается черезъ два или три дня послѣ высушиванія препарата и продолжается отъ 10 до 15 дней. Впрочемъ, явленія очень сложны; указанная теорія не объясняетъ, почему лучи, обладающіе способностью проникать сквозь тѣла, уничтожаются въ большей пропорціи, чѣмъ лучи поглощаемые.

## Природа и причина явленій радиоактивности

Съ самаго начала изслѣдованій радиоактивныхъ тѣлъ, когда свойства этихъ тѣлъ были еще очень мало извѣстны, самопроизвольность излученія казалась проблемой, представляющей громадный интересъ для физиковъ. Въ настоящее время мы сдѣлали большой шагъ впередъ въ дѣлѣ знакомства съ радиоактивными тѣлами. Мы умѣемъ выдѣлять особенно радиоактивное тѣло—радій. Постоянное обращеніе съ замѣчательными свойствами радія создало цѣлую науку о лучахъ, испускаемыхъ радиоактивными тѣлами. Различныя группы изучавшихся до сихъ поръ лучей являются аналогами лучей, имѣющихъ мѣсто въ кружковыхъ трубкахъ: катодныхъ, Рентгена и закатодныхъ. Тѣ же самыя группы лучей находятъ также и во вторичномъ излученіи<sup>1</sup>, производимомъ лучами Рентгена, и въ излученіи тѣлъ, въ которыхъ вызвана индуктированная радиоактивность.

<sup>1</sup> Sagnac, Thèse de doctorat.—Curie et Sagnac, Comptes rendus, апрѣль 1900 г.

Но если в настоящее время стала болѣе извѣстна природа лучей, то причина самопроизвольной радиоактивности все же остается попрежнему таинственной; это явление все еще составляет для насъ загадку и служитъ предметомъ глубокаго удивленія.

Самопроизвольно-радиоактивныя тѣла, а прежде всего—радій, служатъ источниками энергій. Мы можемъ обнаружить расходъ создаваемой ими энергій въ излученіяхъ Беккереля, въ явленіяхъ химическихъ и свѣтовыхъ, а равно и въ непрерывномъ выдѣленіи тепла.

Часто ставятъ вопросъ, создается ли энергія въ самыхъ радиоактивныхъ тѣлахъ, или замѣчается ими у вышнихъ источниковъ. Ни одна изъ многочисленныхъ гипотезъ, явившихся результатомъ этихъ двухъ точекъ зрѣнія, не подтвердилась до сихъ поръ опытомъ.

Можно предполагать, что радиоактивная энергія сперва аккумулируется и затѣмъ мало по малу истощается, что происходитъ, напр., при продолжительной фосфоресценціи. Далѣе можно предполагать, что выдѣленіе радиоактивной энергій соотвѣтствуетъ преобразованію такого же порядка атома радіирующаго тѣла, находящагося въ періодѣ своего развитія. Тотъ фактъ, что радій выдѣляетъ непрерывно теплоту, подтверждаетъ эту гипотезу. Можно предполагать, что подобное преобразование сопровождается потерей вѣса и испусканіемъ матеріальныхъ частичекъ, образующихъ излученіе. Источникъ энергій можно искать также и въ энергій тяготѣнія. Можно, наконецъ, думать, что пространство непрерывно пересѣкается еще неизвѣстными излученіями, которыя задерживаются при своемъ прохожденіи черезъ радиоактивныя тѣла и преобразуются въ радиоактивную энергію.

Многое говоритъ за и противъ этихъ различныхъ точекъ зрѣнія. Что же касается опытнаго подтвержденія слѣдствій этихъ гипотезъ, то это болѣею частью давало отрицательные результаты. Еще до сихъ поръ кажется, что радиоактивная энергія урана и радія не истощается и не обнаруживаетъ ни малѣйшаго измѣненія съ теченіемъ времени. Демарсе изслѣдовалъ въ спектроскопѣ кусочки хлористаго радія въ теченіе 5-ти мѣсяцевъ и по истеченіи этого срока не нашелъ никакого измѣненія въ спектрѣ. Главная линия барія, которая была видима въ спектрѣ и указывала на его слѣды, нисколько не усилилась за довольно значительный промежутокъ времени; слѣдовательно, и преобразование радія въ барій нельзя было замѣтить.

Замѣченныя Гейдвейлеромъ измѣненія вѣса въ соединеніяхъ радія еще нельзя считать твердо установленнымъ фактомъ<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Heydweiller, Physik. Zeitschr., октябрь 1902 г.

Эльстеръ и Гейтель нашли, что радиоактивность урана не измѣняется на днѣ 850-метрового рудниковаго колодца. Слой земли такой толщины не въ состояннн измѣнить первичнаго гипотетическаго излученія, вызывающаго радиоактивность урана.

Мы измѣряли радиоактивность урана въ полдень и въ полночь, полагая, что еслибы источникъ первичнаго гипотетическаго излученія былъ въ солнцѣ, то излученіе это отчасти могло бы быть поглощено при прохожденнн черезъ землю. Опытъ же не показалъ никакой разницы при этихъ двухъ измѣреніяхъ.

Повѣщшія изслѣдованія говорятъ въ пользу гипотезы объ атомномъ трансформированнн радія. Гипотеза эта была высказана въ самомъ началѣ изслѣдованнн радиоактивности <sup>1</sup>. Ее смѣло прилагалъ Рутерфордъ, предположившій, что радіевая эманация есть матеріальный газъ, представляющій собою одинъ изъ продуктовъ распаденія атома радія <sup>2</sup>. Рамсей и Содди видятъ въ своихъ недавнихъ опытахъ доказательство того, что эманация есть непостоянный газъ, который, разрушаясь, образуетъ гелій. Съ другой стороны нельзя объяснить обыкновенной химической реакціей безпрерывнаго выдѣленія тепла радіемъ, а можно усмотрѣть начало этого явленія въ трансформированнн атома.

Напомнимъ наконецъ, что новыя радиоактивные вещества находятся всегда въ минеральныхъ соединеніяхъ урана; мы тщетно искали радій въ продажномъ барнн: его присутствіе тѣсно связано съ присутствіемъ урана. Минеральные соединенія урана содержатъ въ себѣ аргонъ и гелій, и мало вѣроятнн, чтобы такое совпаденіе было случайно. Одновременное существованіе различныхъ тѣлъ въ однихъ и тѣхъ же минералахъ наводитъ на мысль, что присутствіе однихъ изъ нихъ, быть можетъ, необходимо для образованія другихъ.

Во всякомъ случаѣ, слѣдуетъ замѣтить, что факты, поддерживающіе гипотезу объ атомномъ трансформированнн радія, можно толковать иначе. Въмѣсто того, чтобы предполагать, что трансформируется атомъ радія, можно—напротивъ—думать, что самъ онъ вполне постояненъ и устойчивъ, а что рѣчь идетъ объ окружающей его средѣ (ближайшихъ матеріальныхъ атомахъ, или эфирѣ пустоты), подвергающейся атомнымъ преобразованіямъ. Эта гипотеза приводитъ также къ признанію возможности трансформированія элементовъ, а въ такомъ случаѣ и самъ радій можетъ быть элементомъ, находящимся на пути къ разрушенію.

<sup>1</sup> M-me Curie, *Revue générale des Sciences*, 30 января 1899 г.  
<sup>2</sup> Rutherford et Soddy, *Phil. Mag.*, май 1903 г.