

Кюри Мария

**Радий и радиоактивные
вещества**

**Исследование радиоактивных
веществ**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
М26

М26 **Мария К.**
Радий и радиоактивные вещества: Исследование радиоактивных веществ /
Кюри Мария – М.: Книга по Требованию, 2023. – 135 с.

ISBN 978-5-519-92106-0

ISBN 978-5-519-92106-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Историческій очеркъ.

Открытие явленій радиоактивности связало съ изслѣдованіями фотографическихъ дѣйствій фосфоресцирующихъ и флуоресцирующихъ веществъ, которыя непрерывно слѣдовали со времени открытія Рентгеновыхъ лучей.

Первая трубка, дававшая лучи Рентгена, была безъ металлическаго антикатада. Источникомъ лучей Рентгена была стеклянная ея стѣнка, въ томъ мѣстѣ, куда ударили катодные лучи; въ то же время эта стѣнка сильно флуоресцировала.

Является вопросъ, не сопровождается ли возбужденіе флуоресценціи обязательнымъ испусканіемъ лучей Рентгена и какова причина послѣдней? Эта мысль впервые высказана Генрихомъ Пуанкаре.¹⁾

Вскорѣ Пуанкаре объявилъ, что онъ получилъ фотографическій отпечатокъ при помощи фосфоресцирующаго сѣрнистаго цинка²⁾ сквозь черную бумагу.

Нивешимовскій получилъ подобное же явленіе съ сѣрнымъ кальціемъ, освѣщеннымъ предварительно обыкновеннымъ свѣтомъ.³⁾

Наконецъ, Троостъ получилъ очень отчетливые фотографическіе снимки, употребляя искусственно приготовленный кристаллъ гексагональной цинковой обманки, которая фосфоресцировала и дѣйствовала на фотографическую пластинку черезъ черную бумагу и толстый картонъ.⁴⁾

Только что описанные опыты не могли быть воспроизведены, несмотря на многочисленныя попытки, сдѣланныя съ этою цѣлью.

¹⁾ Revue générale des Sciences, 30 janvier 1896.

²⁾ Comptes rendus, t. CXXXII, p. 312.

³⁾ Comptes rendus, t. CXXXII, p. 386.

⁴⁾ Comptes rendus, t. CXXXII, p. 564.

Такимъ образомъ, ничего не оставалось, какъ считать доказаннымъ, что сѣрнистый цинкъ и сѣрнистый кальцій способны испускать, подѣ дѣйствию свѣта невидимые лучи, которые проходятъ черезъ черную бумагу и дѣйствуютъ на фотографическую пластинку.

Беккерель дѣлалъ подобные же опыты съ солями урана, изъ которыхъ нѣкоторыя флуоресцируютъ.¹⁾

Онъ получилъ фотографію черезъ черную бумагу при помощи двойной сѣрнокислой соли урана и калия.

Сначала Беккерель думалъ, что эта флуоресцирующая соль дѣйствуетъ такъ же, какъ сѣрнистое соединеніе цинка и кальція въ опытахъ Генриха Пуанкаре, Нивентловскаго и Трооста. Но послѣдующіе опыты показали, что наблюдаемыя свойства не связаны исключительно съ явленіями флуоресценціи. Предварительное освѣщеніе этой соли необязательно, даже болѣе того, уранъ и всѣ его соединенія, флуоресцирующія и нефлуоресцирующія, дѣйствуютъ одинаково, причемъ металлическій уранъ наиболѣе активенъ. Далѣе, Беккерель, помѣщая соединенія урана въ совершенную темноту, нашелъ, что они продолжаютъ годами дѣйствовать на фотографическую пластинку, завернутую въ черную бумагу. Для объясненія этого новаго явленія, Беккерель допустилъ, что уранъ и его соединенія испускаютъ особенные лучи: урановые лучи.

Беккерель доказалъ, что эти лучи могутъ проходить черезъ тонкій металлическій экранъ и что они разряжаютъ наэлектризованныя тѣла.

Онъ дѣлалъ также опыты, на основаніи которыхъ вывести заключеніе, что урановые лучи, подобно обыкновеннымъ лучамъ свѣта, отражаются, преломляются и поляризуются.

Работы другихъ физиковъ (Эльстеръ и Гейтель, лордъ Кельвинъ, Шмидтъ, Рузерфордъ, Беатти и Смолуховскій) подтвердили и расширили результаты изслѣдованій Беккереля, исключая того, что касается преломленія, отраженія и поляризаціи урановыхъ лучей, которые въ этомъ отношеніи скорѣе подобны лучамъ Рентгена, какъ это было признано сначала Рузерфордомъ, а затѣмъ и самимъ Беккерелемъ.

¹⁾ Becquerel, Comptes rendus, 1896 (plusieurs Notes).

ГЛАВА I.

Радиоактивность урана и торія.

Радиоактивные минераллы.

Лучи Беккереля. — *Лучи урана*, открытые Беккерелемъ, производятъ дѣйствіе на фотографическую пластинку при совершенномъ отсутствіи свѣта; они могутъ проходить черезъ всѣ твердыя, жидкія и газообразныя тѣла, при условіи, чтобы плотность послѣднихъ была довольно незначительная; проходя черезъ газы, они дѣлаютъ ихъ слегка электропроводными ¹⁾.

Эти свойства соединений урана не обизаны своимъ происхожденіемъ ни одной изъ извѣстныхъ возбуждательныхъ причинъ. Лучеиспусканіе кажется самопроизвольнымъ. Интенсивность этого лучеиспусканія нисколько не уменьшается, если держать соединения урана въ совершенной темнотѣ годами; словомъ, здѣсь не можетъ быть рѣчи о какой либо особенной флуоресценціи, вызванной свѣтомъ.

Самопроизвольность и постоянство лучеиспусканія урана, какъ физическія свойства, являются совершенно необыкновенными.

Беккерель сохранилъ кусокъ урана въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ въ темнотѣ и убѣдился, что до конца этого времени дѣйствіе его на фотографическую пластинку замѣтно не измѣнилось.

Эльстеръ и Гейтель дѣлали подобныя же опыты и также нашли, что дѣйствіе остается постояннымъ ²⁾.

Я измѣряла интенсивность лучеиспусканія урана, пользуясь дѣйствіемъ этого лучеиспусканія на электропроводность воздуха. Этотъ методъ измѣреній будетъ изложенъ далѣе.

¹⁾ Becquerel, Comptes rendus, 1896 (plusieurs Notes)

²⁾ Becquerel, Comptes rendus, t. CXXVIII, p. 771. — Elster et Geitel, Beibl., t. XXI, p. 455.

Я получила, такимъ образомъ, числа, которыя доказываютъ постоянство лученепусканія въ предѣлахъ точности опытовъ, т. е. около 2⁰/₀ или 3⁰/₀ ¹⁾.

Для такихъ измѣреній пользуются металлическимъ дискомъ, покрытымъ слоемъ порошка урана; этотъ дискъ при томъ не сохраняется въ темнотѣ, такъ какъ это условіе, по наблюденіямъ вышеупомянутыхъ ученыхъ, оказываетъ незначительное вліяніе на результатъ.

Число сдѣланныхъ мною измѣреній съ такимъ дискомъ очень велико и въ дѣйствительности эти измѣренія производились въ пятилѣтній промежутокъ времени.

Затѣмъ были сдѣланы изысканія, чтобы узнать, не могутъ ли и другія вещества дѣйствовать такъ же, какъ соединенія урана.

Шмидтъ первый объявилъ, что торій и его соединенія обладаютъ также этой способностью ²⁾.

Такая же работа, произведенная мною въ то же самое время, дала мнѣ такой же результатъ.

Я напечатала свой трудъ, еще не зная о мемуарѣ Шмидта ³⁾.

Въ дальнѣйшемъ изложеніи будемъ говорить, что уранъ, торій и ихъ соединенія испускаютъ *лучи Беккереля*.

Тѣ вещества, которыя обладаютъ способностью производить подобныя лученепусканія, я назвала *радіоактивными* веществами — это названіе стало съ тѣхъ поръ общепринятымъ ⁴⁾.

По своимъ фотографическимъ и электрическимъ дѣйствіямъ лучи Беккереля приближаются къ лучамъ Рентгена. Они обладаютъ, также, какъ и эти послѣдніе, способностью проходить черезъ всякія тѣла. Но ихъ сила проникновенія крайне разнообразна: лучи урана и торія задерживаются твердыми экранами, толщиною въ нѣсколько миллиметровъ, не могутъ проходить въ воздухъ пространство, превышающее нѣсколько сантиметровъ. По крайней мѣрѣ, это справедливо для большей части лученепусканія.

¹⁾ Mme Curie, Revue générale des Sciences, janvier 1899.

²⁾ Schmidt, Wied. Ann., t. LXV, p. 141.

³⁾ Mme Curie, Comptes rendus, avril 1898.

⁴⁾ P. Curie et Mme Curie, Comptes rendus, 18 juillet 1898.

Работы различных физиков и, главным образом, Рутерфорда показали, что лучи Беккереля не претерпѣваютъ ни правильнаго отраженія, ни преломленія, ни поляризаціи ¹⁾).

Слабая сила проникновенія лучей урана и торія заставляетъ уподобить ихъ такъ называемымъ *вторичнымъ* лучамъ, которые возникаютъ подъ дѣйствіемъ Рентгеновыхъ лучей.

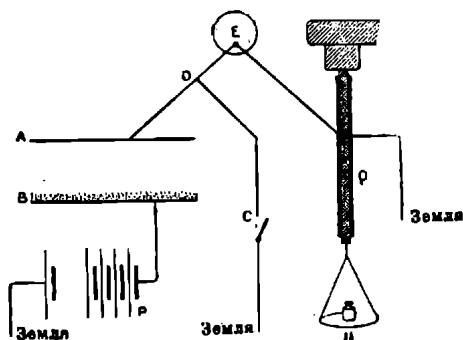
Этотъ родъ лучей подробно изслѣдованъ Саньякомъ ²⁾).

Съ другой стороны, лучи Беккереля можно сопоставить съ лучами катодными, которые распространяются въ воздухъ (лучи Ленара).

Теперь мы знаемъ, что эти различныя сопоставленія исполнѣй законны.

Измѣреніе интенсивности лучеиспусканія. Примѣняемый методъ состоитъ въ измѣреніи проводимости, приобретаемой воздухомъ подъ дѣйствіемъ радиоактивныхъ веществъ. Этотъ методъ имѣетъ преимущество быстроты и даетъ числа, сравнимыя между собой. Существенную часть прибора, употребляемаго мною, составляетъ плоскій конденсаторъ АВ (фиг. 1).

Фиг. 1.



Дѣйствующее вещество, мелкоиздробленное, насыпается ровнымъ слоемъ на пластинку В. Тогда воздухъ между пластинками становится проводникомъ. Чтобы измѣрить эту проводимость, доводятъ пластинку В до высокаго потенциала, соединяя ее съ однимъ изъ полюсовъ батареи маленькихъ аккумуляторовъ Р, другой полюсъ которой соеди-

¹⁾ Rutherford, Phil. Mag., janvier 1899.

²⁾ Sagnac, Comptes rendus, 1897, 1898, 1899 (plusieurs Notes)

ненъ съ землей. Пластинка А остается при потенциалѣ земли, будучи соединена съ ней электрически проволокой CD. Тогда устанавливается электрический токъ между этими двумя пластинками. Потенціалъ пластинки А указывается электрометромъ Е. Если прервать въ С соединеніе съ землей, пластинка А заряжается и этотъ зарядъ заставляетъ отклоняться электрометръ. Скорость отклоненія пропорціональна силѣ тока и можетъ служить для ея измѣренія.

Но предпочтительно наблюденія дѣлать такъ, чтобы электрометръ удерживался все время на нулѣ посредствомъ посторонняго компенсирующаго заряда противоположнаго знака, сообщаемого пластинкѣ А. Эти заряды пластинки А чрезвычайно слабы. Источникомъ компенсирующаго заряда можетъ служить пьезо-электрический кварцъ Q, одна обкладка котораго соединена съ пластинкой А, а другая съ землей^{*)}. Пластинку кварца подвергаютъ нѣкоторому растяженію, производимому грузомъ, помѣщеннымъ на чашкѣ вѣсовъ π ; это растяженіе производится постепенно для того, чтобы непрерывно выдѣлять извѣстное количество электричества во все время измѣреній.

Процессъ можно вести такимъ образомъ, чтобы въ каждое мгновеніе происходила компенсація между зарядомъ, притекшимъ къ пластинкѣ А чрезъ конденсаторъ, и противоположнымъ зарядомъ, доставленнымъ кварцемъ¹⁾. Можно, такимъ образомъ, измѣрить абсолютное количество электричества, которое проходитъ чрезъ конденсаторъ въ данный промежутокъ времени, т. е. силу тока. Это измѣреніе не зависитъ отъ чувствительности электрометра.

Произведя нѣкоторое число измѣреній такого рода, и убѣдились, что радиоактивность есть явленіе, доступное из-

*) Подъ названіемъ пьезо-электрическихъ явленій подразумѣваются случаи возбужденія электрическихъ зарядовъ на поверхности нѣкоторыхъ кристалловъ въ моментъ сдвигиванія или растяженія ихъ.

Прим. переводчика.

¹⁾ Этотъ результатъ легко можно получить, поддерживая грузъ рукою и позволяя ему только постепенно давить на чашку π и, такимъ образомъ, удерживать изображеніе электрометра на нулѣ. Небольшой навыкъ даетъ возможность очень точно достигнуть этого соответствующимъ поворотомъ руки. Этотъ методъ измѣренія слабыхъ токовъ описанъ г. Кюри въ его диссертациі.

мѣреніямъ съ неизвѣстной точностью. Она мало измѣняется съ температурой; вліянія колебаній окружающей температуры едва замѣтны, а также на нее не дѣйствуетъ освѣщеніе активными веществами. Сила тока, который проходитъ черезъ конденсаторъ, увеличивается съ поверхностью пластинки. Для даннаго конденсатора и для даннаго вещества токъ увеличивается съ разностью потенціаловъ, которая существуетъ между пластинками, съ давленіемъ газа, наполняющаго конденсаторъ, и съ разстояніемъ между пластинками (лишь бы это разстояніе не было велико по отношенію къ діаметру). Однако, при большой разности потенціаловъ, токъ стремится къ предѣлу, который практически постояненъ. *Это такъ называемый токъ насыщенія или предѣльный токъ.* Точно также, при опредѣленномъ разстояніи между пластинками конденсатора, достаточно большомъ, токъ совершенно болѣе не измѣняется съ дальнѣйшимъ увеличеніемъ этого разстоянія. Этотъ, именно, токъ, полученный при такихъ условіяхъ, и взять, какъ мѣра радіоактивности въ моихъ изысканіяхъ; конденсаторъ былъ поставленъ въ воздухъ при атмосферномъ давленіи.

Вотъ, въ видѣ примѣра, кривыя, которыя показываютъ силу тока въ зависимости отъ напряженности поля, возбужденнаго въ средней части между пластинками, для двухъ различныхъ разстояній. Пластика В покрыта тонкимъ слоемъ металлическаго измельченнаго урана; пластика А, соединенная съ электрометромъ, была снабжена предохранительнымъ кольцомъ для полученія болѣе равномернаго поля, какъ это дѣлается въ абсолютномъ электрометрѣ лорда Кельвина.

Фиг. 2 показываетъ, что сила тока становится постоянной при значительныхъ величинахъ разности потенціаловъ между пластинками.

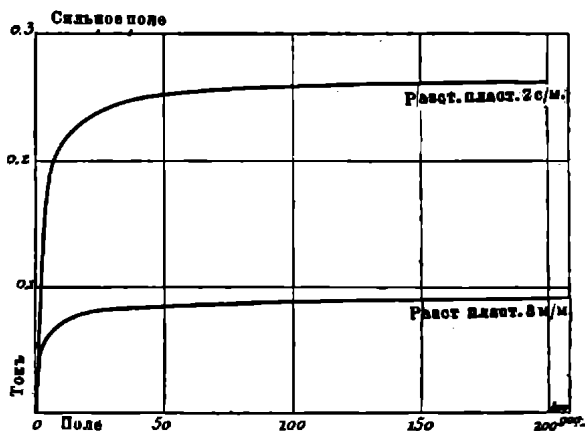
Фиг. 3 представляетъ ту же кривую въ другомъ масштабѣ и содержитъ только относительные результаты для слабыхъ разностей потенціала.

Въ началѣ кривая представляетъ прямую линію; частное отъ дѣленія силы тока на разность потенціала есть величина постоянная и можетъ служить мѣрою начальной проводимости воздуха между пластинками.

Такимъ образомъ, можно различать двѣ важныя характеристическія постоянныя наблюдаемаго явленія: 1) *Началь-*

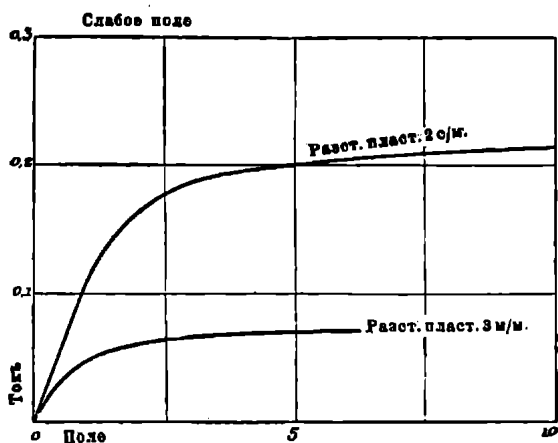
ная проводимость для слабых разностей потенціала.

Фиг. 2.



2) Предельный токъ для значительныхъ разностей потенціала.

Фиг. 3.



Это есть тотъ предельный токъ, который принять нами, какъ мѣра радиоактивности.

Кромѣ той разности потенціала, которая введена между пластинками, между послѣдними существуетъ электродвижущая сила контакта, и обѣ эти причины тока соединяются между собою. Вотъ почему абсолютная величина силы тока мѣняется со знакомъ внешней разности потенціала. Однако,

при значительной разности потенциала, дѣйствіе электродвижущей силы контакта ничтожно и сила тока въ такомъ случаѣ не зависитъ отъ направленія электрическаго поля между пластинками.

Исзученіе проводимости воздуха и другихъ газовъ, подвергнутыхъ дѣйствию лучей Беккереля, было сдѣлано многими физиками. ¹⁾ Очень полное изслѣдованіе предмета было опубликовано Рузерфордомъ. ²⁾

Законы проводимости въ газахъ, являющейся благодаря лучамъ Беккереля, такіе же, какіе найдены для лучей Рентгена. Механизмъ явленія кажется одинаковымъ въ обоихъ случаяхъ. Теорія іонизаціи газовъ подъ дѣйствіемъ лучей Рентгена и Беккереля хорошо объясняетъ наблюдаемые факты.

Эта теорія не будетъ здѣсь изложена, я напому только результаты, къ которымъ она приводитъ.

1) Количество іоновъ, производимыхъ въ газѣ въ секунду, считается пропорціональнымъ энергіи лучеиспусканія, поглощенной газомъ.

2) Чтобы получить предѣльный токъ для даннаго лучеиспусканія, необходимо, съ одной стороны, заставить газъ цѣликомъ поглотить это лучеиспусканіе, употребляя для этого достаточную поглощающую массу газа, съ другой стороны, необходимо утилизировать для образованія тока всѣ создавшіеся іоны, устанавливая электрическое поле настолько сильное, чтобы число іоновъ, которые соединяются снова, становилось незначительной частью цѣлаго числа іоновъ, образовавшихся въ то же время, которые почти всѣ, увлекаемые токомъ, переносятся къ электродамъ. Напряженіе электрическаго поля, необходимое для полученія этого результата, должно быть тѣмъ выше, чѣмъ сильнѣе іонизація.

По послѣднимъ опытамъ Товзенда явленіе сложнѣе, когда давленіе газа мало. Токъ, кажется, сначала стремится къ постоянной предѣльной величинѣ, когда увеличивается разность потенциаловъ; но, начиная съ нѣкоторой опредѣлен-

¹⁾ Becquerel, Comptes rendus t. CXXIV, p. 800, 1897.—Kelwin, Beattie et Smolan, Nature, t. LVI, 1897.—Beattie et Smoluchowski, Phil. Mag., t. XLIII, p. 418.

²⁾ Rutherford, Phil. Mag., janvier 1899.

ной разности потенциаловъ, токъ снова начинаетъ расти, съ увеличеніемъ силы поля, съ весьма большой быстротой.

Товзендъ допускаетъ, что это увеличение обязано новой іонизаціи, производимой самими іонами, когда они подѣйствіемъ электрическаго поля получаютъ скорость, достаточную для того, чтобы молекулу газа, встрѣченную однимъ изъ такихъ летящихъ ядеръ, разбить и раздѣлить ее на составляющіе іоны. Сильное электрическое поле и малое давленіе газа благоприятствуютъ этой іонизаціи посредствомъ уже присутствующихъ іоновъ и, лишь только эта новая іонизація начинается, сила тока возрастаетъ непрерывно съ увеличеніемъ силы поля, существующаго между пластинками.¹⁾ Итакъ, предѣльный токъ можетъ быть полученъ только отъ такихъ іонизирующихъ причинъ, напряженность которыхъ не превышаетъ нѣкоторой величины; такимъ образомъ, насыщеніе соответствуетъ полямъ, для которыхъ іонизація чрезъ удары іоновъ уже не можетъ имѣть мѣста. Это условіе осуществлено въ моихъ опытахъ.

Порядокъ величины токовъ при насыщеніи, которые получаютъ съ соединеніями урана 10^{-11} ампера для конденсатора, пластинки котораго имѣютъ 8 см. въ діаметръ и отстоятъ другъ отъ друга на 3 см. Соединенія торія даютъ токи такого же порядка и дѣйствія окиси урана и торія очень сходны.

Радиоактивность соединеній урана и торія.—Вотъ числа, которыя я получила съ различными соединеніями урана; я обозначаю черезъ i силу тока въ амперахъ.

$i \times 10^{11}$.

Металлическій уранъ (содержащій немного углерода) .	2,3
Черная окись урана U_2O_3	2,6
Зеленая окись урана U_3O_4	1,8
Урановая кислота	0,6
Ураново-натровая соль	1,2
Ураново-каліевая соль	1,2
Ураново-амміачная соль	1,3
Сѣрниокислая соль урана	0,7
Сѣрниокислая соль уранила и калия	0,7
Азотнокислый ураниль	0,7
Фосфорнокислая соль мѣди и уранила	0,9
Сѣро-окись урана	1,2

¹⁾ Townsend, Phil. Mag. 1901, 6-e série, t. I, p. 193.