

Кюри Мария

**Исследования над
радиоактивными
веществами**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
М26

М26 **Мария К.**
Исследования над радиоактивными веществами / Кюри Мария – М.: Книга
по Требованию, 2023. – 116 с.

ISBN 978-5-519-92105-3

ISBN 978-5-519-92105-3

© 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.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

рующей. Можно было задаться тогда вопросомъ, не сопровождается ли всякая флюоресценція испусканіемъ Рентгеновыхъ лучей. Этотъ взглядъ былъ впервые формулированъ А. Пуанкаре ¹⁾.

Спустя короткое время Анри получилъ фотографическіе снимки черезъ черную бумагу при помощи фосфоресцирующаго сѣрнистаго цинка ²⁾. Такихъ-же результатовъ добился Нивенгловскій помощью сѣрнистаго кальція, выставленнаго на свѣтъ ³⁾. Наконецъ Тростъ получилъ отчетливые фотографическіе снимки при посредствѣ искусственной фосфоресцирующей гексагональной цинковой обманки, дѣйствующей сквозь черную бумагу и толстый картонъ ⁴⁾.

Всѣ эти опыты нельзя было воспроизвести, несмотря на многочисленныя попытки, сдѣланныя въ этомъ направленіи.

Нельзя, очевидно, считать доказаннымъ испусканіе подъ влияніемъ свѣта сѣрнистымъ цинкомъ и сѣрнистымъ кальціемъ невидимыхъ лучей, проникающихъ черезъ черную бумагу и дѣйствующихъ на фотографическія пластинки.

Аналогичные опыты были произведены Беккерелемъ надъ урановыми солями, изъ которыхъ нѣкоторыя обнаруживаютъ флюоресценцію ⁵⁾. Онъ получилъ фотографическіе снимки сквозь черную бумагу при помощи двойной сѣрнокислой соли урана и калия.

Беккерель подумалъ сначала, что эта флюоресцирующая соль сравнима съ сѣрнистымъ цинкомъ и сѣрнистымъ кальціемъ въ опытахъ Анри, Нивенгловскаго и Троста.

Но послѣдующіе опыты показали ему, что онъ имѣетъ дѣло не съ флюоресценціей, а съ явленіемъ другого рода. Онъ убѣдился, что уранъ и его соединенія дѣйствуютъ и тогда, когда они не освѣщены и притомъ совершенно такъ-же, какъ и подъ влияніемъ свѣта, причемъ металлическій уранъ наиболѣе дѣятеленъ. Помѣщая урановыя соединенія въ совершенную темноту, онъ замѣтилъ, что

¹⁾ *Revue générale des Sciences*, 30 Janvier 1896.

²⁾ *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 312.

³⁾ *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 386.

⁴⁾ *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 564.

⁵⁾ *Becquerel, Comptes rendus*, 1896 (plusieurs notes).

они продолжают дѣйствовать на фотографическія пластини сквозь черную бумагу въ теченіе многихъ лѣтъ. Беккерель предположилъ, что уранъ и его соединенія испускаютъ особые урановые лучи. Ему удалось доказать, что эти лучи могутъ проникать сквозь тонкіе металлическіе экраны и разряжаютъ наэлектризованныя тѣла. Изъ многочисленныхъ опытовъ онъ вывелъ заключеніе, что урановые лучи обладаютъ способностью отраженія, преломленія и поляризаціи.

Работы другихъ физиковъ (Эльстера и Гайтеля, лорда Кельвина, Шмидта, Рутерфорда, Беатти и Смолуховскаго) подтвердили и обогатили результаты изслѣдованій Беккереля, кромѣ того, что относится къ отраженію, переломленію и поляризаціи урановыхъ лучей. Послѣдніе похожи въ этомъ отношеніи на Рентгеновы лучи, какъ это было доказано Рутерфордомъ и признано самимъ Беккерелемъ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Радиоактивность урана и торія.

Радиоактивные минералы.

Лучи Беккереля.—Урановые лучи, открытые Беккерелем, дѣйствуютъ на фотографическія пластинки въ отсутствіи свѣта; они проникаютъ всѣ твердыя, жидкія и газообразныя тѣла въ томъ случаѣ, если послѣднія обладаютъ достаточно малой толщиной; проникая черезъ газы, лучи дѣлаютъ ихъ электропроводными¹⁾. Эти свойства урановыхъ соединений не обусловливаются внѣшними причинами. Лучеиспусканіе имѣетъ характеръ произвольный; интенсивность его не уменьшается даже въ томъ случаѣ, когда урановыя соединенія сохраняются въ темнотѣ въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ. Очевидно, что это явленіе нельзя сравнить съ фосфоресценціей, которая, какъ извѣстно, находится въ зависимости отъ свѣта. Произвольность и постоянство урановаго лучеиспусканія представляютъ собой необыкновенное физическое явленіе. Беккерель сохранялъ кусокъ урана въ темнотѣ въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ и убѣдился, что его дѣйствіе на фотографическую пластинку мало измѣнилось за это время. Эльстеръ и Гайтель произвели подобный опытъ и также нашли, что его дѣйствіе — постоянное²⁾.

Я измѣрила интенсивность лучеиспусканія урана, пользуясь съ этой цѣлью дѣйствіемъ лучеиспусканія на проводимость воздуха. Дальше будетъ изложенъ методъ, которымъ я пользовалась для этихъ измѣреній; послѣднія дали числа, показавшія постоянство лучеиспусканія въ предѣлахъ точности опыта, т. е. съ точностью 0,02 — 0,03³⁾.

Эти измѣренія производились при помощи металлическаго диска, покрытаго слоемъ урана въ порошокѣ. (Дискъ не сохранялся въ темнотѣ, такъ какъ опытъ доказалъ, что это не необходимо).

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

²⁾ BECQUEREL, Comptes rendus, t. CXXVIII, p. 771. — ELSTER et GEITEL, Beibl., t. XXI, p. 455.

³⁾ M-me CURIE. Revue générale des Sciences, janvier 1899.

Такимъ путемъ было произведено множество измѣреній и въ настоящее время намъ извѣстны результаты измѣреній за промежутокъ времени въ пять лѣтъ.

Нѣкоторые изслѣдователи занялись вопросомъ, нѣтъ-ли другихъ веществъ, обладающихъ такими свойствами, какъ соединенія урана. Шмидтъ впервые опубликовалъ свои изслѣдованія надъ торіемъ и его соединеніями, давшими аналогичные результаты ¹⁾. Подобныя же наблюденія я опубликовала нѣсколько позже, не зная еще ничего о работѣ Шмидта ²⁾. Можно сказать, что уранъ и торій и ихъ соединенія испускаютъ Беккерелевы лучи. Я назвала радіоактивностью способность испускать такіе лучи и создала новый терминъ, принятый съ тѣхъ поръ въ наукѣ ³⁾.

Своими фотографическими и электрическими свойствами Беккерелевы лучи напоминаютъ Рентгеновы лучи. Какъ тѣ, такъ и другіе обладаютъ способностью проникать черезъ всякое вещество, но въ различной степени. Лучи урана и торія задерживаются твердыми веществами толщиной въ нѣсколько миллиметровъ, а въ воздухѣ они распространяются на нѣсколько сантиметровъ. Это относится по крайней мѣрѣ къ большей части этихъ лучей. Изслѣдованія нѣкоторыхъ физиковъ и въ особенности Рутерфорда показали, что Беккерелевы лучи неспособны къ правильному отраженію, преломленію и поляризаціи ⁴⁾.

Слабое прониканіе урановыхъ и торіевыхъ лучей приближаетъ ихъ скорѣе къ второстепеннымъ лучамъ, вызываемымъ Рентгеновыми лучами и изученнымъ Саньякомъ ⁵⁾.

Беккерелевы лучи напоминаютъ также катодные лучи, распространяющіеся въ воздухѣ и называемые Ленардовыми лучами.

Измѣреніе интенсивности лучеиспусканія. — Упомянутый мною методъ состоитъ въ томъ, чтобы измѣрить проводимость, пріобрѣтенную воздухомъ въ присутствіи радіоактивныхъ веществъ. Онъ обладаетъ тѣмъ преимуществомъ, что скоро даетъ числа, которыя можно сравнить другъ съ другомъ. Аппаратъ, которымъ я пользовалась, состоитъ изъ конденсатора съ дисками *A* и *B* (рис. 1). Радіоактивное вещество въ порошокъ насыпано на дискъ *B* и дѣлаетъ проводникомъ воздухъ, находящійся между дисками. Чтобы измѣрить проводимость, дискъ *B* поднимается на высшій

¹⁾ SCHMIDT, Wied. Ann., t. LXV, p. 141.

²⁾ M-me CURIE, Comtes rendus, avril 1898.

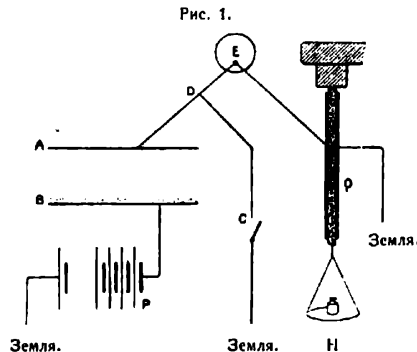
³⁾ P. CURIE et M-me CURIE, Comtes rendus, 18 juillet 1898.

⁴⁾ RUTHERFORD, Phil. Mag., janvier 1899.

⁵⁾ SAGNAC, Comtes rendus, 1897, 1898, 1899 (нѣсколько замѣтокъ).

потенціалъ путемъ соединенія его съ однимъ изъ полюсовъ P батареи изъ маленькихъ аккумуляторовъ, тогда какъ другой полюсъ соединенъ съ землею. Между обоими дисками устанавливается электрический токъ, такъ какъ дискъ A поддерживается на потенциалѣ земли проволокой CD . Потенціалъ диска A указывается электрометромъ E . Прерывая въ C сообщеніе съ землею, мы заряжаемъ дискъ A ; этотъ зарядъ отклоняетъ электрометръ. Скорость отклоненія пропорціональна интенсивности тока и можетъ быть измѣрена.

Лучше произвести измѣреніе путемъ компенсации заряда диска A такимъ образомъ, чтобы держать электрометръ на нулѣ. Здѣсь идетъ рѣчь о крайне слабыхъ зарядахъ; они могутъ компенсироваться при помощи пьезо - электрическаго кварца Q , одна оправа котораго связана съ дискомъ A , а другая съ землею. Пластика



кварца подвергается определенному растяженію посредствомъ гирь, помѣщенныхъ на чашку π ; это растяженіе устанавливается постепенно и постепенно освобождаетъ определенное количество электричества въ определенный промежутокъ времени. Можно такъ регулировать опытъ, чтобы извѣстное количество электричества, проходящее черезъ конденсаторъ, компенсировалось противоположнымъ электричествомъ, которое доставляетъ кварцъ¹⁾. Такимъ путемъ можно измѣрить интенсивность тока, т. е. абсолютное количество электричества, проходящее черезъ конденсаторъ въ определенный промежутокъ времени. Измѣреніе совершенно независимо отъ чувствительности электрометра.

Если произвести извѣстное количество такихъ измѣреній, то можно убѣдиться, что радиоактивность можетъ быть измѣрена съ большой точностью. Она мало мѣняется съ температурой и остается почти нечувствительной къ колебаніямъ окружающей тем-

¹⁾ Легко придти къ такому результату, если поддерживать гири въ рукѣ и постепенно взвѣшивать ихъ на чашкѣ π такимъ образомъ, чтобы поддерживать электрометръ на нулѣ. Путемъ навыка можно достигнуть извѣстной ловкости въ этомъ отношеніи. Этотъ методъ измѣренія слабыхъ токовъ былъ описанъ г-номъ Кюри въ его диссертациі.

пературы, а освѣщеніе активнаго вещества не оказываетъ на нее никакого вліянія. Интенсивность тока, проходящаго черезъ конденсаторъ, возрастаетъ съ увеличеніемъ поверхности диска. Для опредѣленнаго конденсатора и опредѣленнаго вещества токъ возрастаетъ съ различіемъ въ потенциалъ дисковъ, съ давленіемъ газа, наполняющаго конденсаторъ, и съ разстояніемъ дисковъ (если это разстояніе не очень велико по отношенію къ діаметру). Но при большихъ различіяхъ въ потенциалъ, токъ приближается къ величинѣ, которую на практикѣ считаютъ постоянной. Это — токъ насыщенія или предѣльный токъ. Точно также извѣстно, что токъ не мѣняется при достаточно большомъ разстояніи между дисками. Токъ, полученный при такихъ условіяхъ, былъ принятъ мною, какъ мѣра радиоактивности въ моихъ изслѣдованіяхъ (конденсаторъ помещался въ воздухъ при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи).

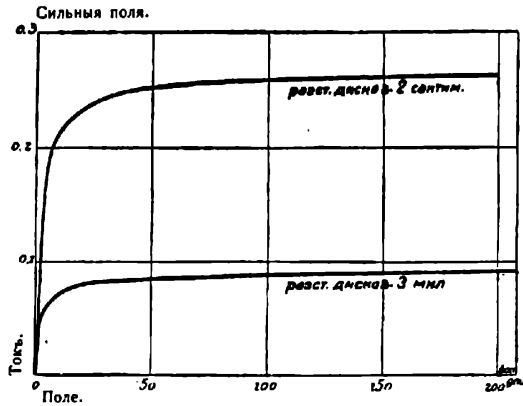
Для примѣра мы привели кривыя, представляющія интенсивность тока средняго поля, который проходитъ между дисками на двухъ разстояніяхъ различныхъ дисковъ. Дискъ *B* былъ покрытъ тонкимъ слоемъ металлическаго урана въ порошокъ, а дискъ *A*, соединенный съ электрометромъ, былъ снабженъ предохранительнымъ кольцомъ.

Рис. 2 показываетъ, что интенсивность тока становится постоянной при большихъ различіяхъ въ потенциалъ дисковъ. Рис. 3 представляетъ тѣ-же кривыя другой скалы и заключаетъ результаты, относящіяся къ слабымъ различіямъ въ потенциалъ. Въ своемъ началѣ кривая имѣетъ прямолинейную форму; частное отъ дѣленія интенсивности тока на различіе въ потенциалъ постоянно для слабыхъ напряженій и представляетъ начальную проводимость между дисками. Очевидно, что данное явленіе позволяетъ различать двѣ характерныя постоянныя величины: 1) начальную проводимость при слабыхъ различіяхъ потенциала; 2) предѣльный токъ для большихъ различій потенциала. Предѣльный токъ принятъ въ наукѣ, какъ мѣра радиоактивности.

Кромѣ различія въ потенциалъ дисковъ, между послѣдними устанавливается электродвижущая сила соприкосновенія и обѣ причины обнаруживаютъ соединенныя силы. Этимъ объясняется то обстоятельство, что абсолютная интенсивность тока мѣняется съ внѣшней разницей потенциала. Надо замѣтить, что при значительныхъ различіяхъ въ потенциалъ, дѣйствіе электродвижущей силы соприкосновенія крайне ничтожно и интенсивность тока независима тогда отъ направленія поля между дисками.

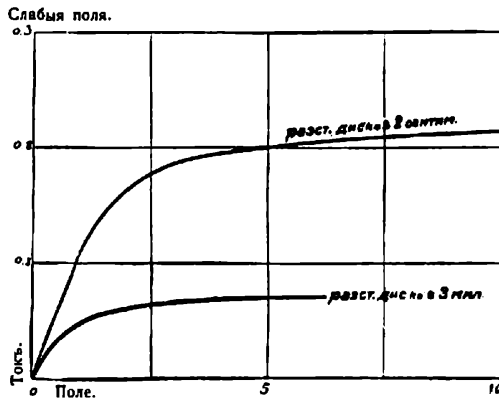
Проводимость воздуха и другихъ газовъ, подвергнутыхъ дѣйствію Беккерелевыхъ лучей, была тщательно изучена нѣкоторыми физиками ¹⁾, въ особенности Рутерфордомъ ²⁾.

Рис. 2.



Законы проводимости, вызванной въ газахъ лучами Беккереля, соответствуютъ тѣмъ, которые были найдены для Рентгеновыхъ лучей. Механизмъ явленія кажется однимъ и тѣмъ-же въ обоихъ случаяхъ и теорія іонизаціи газовъ въ присутствіи Рентгеновыхъ

Рис. 3.



¹⁾ BESQUEREL, 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., январь 1899 г.

и Беккерелевых лучей хорошо объясняет эти явления. Я не могу входить здѣсь въ подробное изложеніе этой теоріи и напомнимъ только о важнѣйшихъ результатахъ:

1. Число іонъ, образующихся въ секунду въ газѣ, пропорціо-нально поглощенной газомъ энергіи лучеиспусканія.

2. Чтобы получить предѣльный токъ для даннаго лучеиспусканія, надо дать газу поглотить эти лучи, пользуясь для этого достаточно поглощающей массой; съ другой стороны необходимо утилизировать для образованія тока всѣ образовавшіеся іоны. Съ этой цѣлью устанавливается электрическое поле достаточно сильное для того, чтобы число вновь соединяющихся іонъ стало крайне малой величиной по сравненію съ общимъ числомъ іонъ, образовавшихся въ то-же время и унесенныхъ токомъ къ электродамъ. Среднее электрическое поле, необходимое для полученія этого результата тѣмъ больше, чѣмъ сильнѣе іонизація.

Новѣйшія изслѣдованія Тоунзенда показали, что явленіе осложняется въ томъ случаѣ, если мы имѣемъ дѣло съ слабымъ давленіемъ газа. Токъ стремится сначала къ постоянному предѣлу, если возрастаетъ разница въ потенциалѣ, но, начиная съ извѣстной разницы въ потенциалѣ, токъ снова начинаетъ быстро возрастать съ полемъ. Тоунзендъ полагаетъ, что это возрастаніе зависитъ отъ новой іонизаціи, вызванной самими іонами, когда подъ вліяніемъ электрическаго поля они достигаютъ скорости, достаточной для того, чтобы молекула газа разбилась на составляющіе ее іоны. Интенсивное электрическое поле и слабое давленіе способствуютъ этой іонизаціи присутствіемъ раньше образовавшихся іонъ. Какъ только начинается іонизація, интенсивность тока возрастаетъ съ среднимъ полемъ между дисками ¹⁾.

Очевидно, что предѣльный токъ обусловливается іонизаціей, интенсивность которой не превышаетъ извѣстной границы, такъ что насыщеніе соответствуетъ такимъ полямъ, для которыхъ не можетъ имѣть мѣста іонизація отъ столкновенія іонъ. Въ своихъ опытахъ я обращала вниманіе на выполненіе этого условія. Порядокъ величины токовъ насыщенія, получаемыхъ помощью соединений урана, равняется 10^{-11} амперовъ для конденсатора съ дисками, діаметромъ въ 8 сантиметровъ, удаленными на 3 сантиметра. Соединенія торія даютъ мѣсто токамъ величины того-же порядка, а радіактивность окисловъ урана аналогична тому-же свойству окисловъ торія.

¹⁾ TOWNSEND, Phil. Mag., 1901, 6-ая серія, т. I, стр. 198.

Радиоактивность урановыхъ и торіевыхъ соединений.

Слѣдующія числа были получены мною для различныхъ соединений урана; i обозначаетъ интенсивность тока въ амперахъ:

	$i \times 10^{11}$
Металлическій уранъ (съ небольшимъ содержаніемъ углерода)	2,3
Черная окись урана $U_2 O_3$	2,6
Зеленая окись урана $U_3 O_4$	1,8
Гидратъ урановой кислоты.	0,6
Уранокислый натрій	1,2
» калий	1,2
» аммоній	1,3
Сѣрноокислый уранъ	0,7
Сѣрноокислая соль урана и калия	0,7
Азотноокислый уранъ	0,7
Фосфорнокислая соль мѣди и урана	0,9
Соединеніе сѣры съ окисью урана	1,2

Толщина слоя соединенія урана не имѣетъ большого значенія, если мы имѣемъ дѣло съ непрерывнымъ слоемъ. Это видно изъ слѣдующихъ опытовъ:

	Толщ. слоя въ миллим.	$i \times 10^{11}$
Окись урана.	0,5	2,7
» »	3,0	3,0
Уранокислый аммоній	0,5	1,3
» »	3,0	1,4

Отсюда можно вывести заключеніе, что поглощеніе урановыхъ лучей испускающимъ ихъ веществомъ очень сильно, такъ какъ дѣйствіе лучей, исходящихъ изъ глубокихъ слоевъ, весьма незначительно.

Числа, полученные мною для торіевыхъ соединений ¹⁾, дали возможность обнаружить:

1. Что толщина слоя имѣетъ огромное значеніе, въ особенности для окисла.

2. Что явленіе даетъ возможность получить правильныя числа въ томъ случаѣ, если употреблять тонкій слой (напримѣръ, въ 0,25 миллиметровъ). Если-же брать толстый слой вещества

¹⁾ M-me Curie, Comptes rendus, апрѣль 1898 г.

(6 миллиметровъ), то получаются числа, колеблющіяся въ широкихъ предѣлахъ, особенно если имѣть дѣло съ окисломъ:

	Толщ. слоя въ миллим.	$i \times 10^{11}$
Окись торія	0,25	2,2
» »	0,5	2,5
» »	2,5	4,7
» »	3,0	5,5 (въ средн.).
» »	6,0	5,5
Сѣрноокислый торій	0,25	0,8

Въ природѣ данного явленія лежитъ причина неправильностей, которой нѣтъ въ урановыхъ соединеніяхъ. Числа, полученныя для слоя окисла толщиной въ 6 миллиметровъ колебались между 3,7 и 7,3.

Произведенные мною опыты надъ поглощеніемъ урановыхъ и торіевыхъ лучей показали, что торіевые лучи отличаются большей проникаемостью, чѣмъ урановые лучи, причемъ наибольшей проникаемостью отличаются лучи, испускаемые толстымъ слоемъ окиси торія.

Слѣдующія числа указываютъ часть лучей, которую передаетъ алюминіевая пластинка, толщиной въ 0,01 миллиметра:

Вещество, испускающее лучи.	Часть лучей, передаваемая пластинкой.
Уранъ	0,18
Окись урана $U_2 O_5$	0,20
Уранокислый аммоній	0,20
Фосфорнокислая соль урана и мѣди	0,21
Окись торія толщ. въ 0,25 миллим.	0,38
» » » » 0,5 »	0,47
» » » » 3,0 »	0,70
» » » » 6,0 »	0,70
Сѣрноокислый торій толщ. въ 0,25 миллим.	0,38

Что касается урановыхъ соединеній, то ихъ лучи поглощаются въ одинаковой степени и это даетъ право думать, что лучи, испускаемые различными соединеніями, одинаковы по своей природѣ.

Особенности торіеваго лучеиспусканія составили предметъ многихъ изслѣдованій. Оуэнсъ ¹⁾ показалъ, что постоянство тока

¹⁾ OWENS, Phil. Mag., октябрь 1899 г.