

НАУКА ВЕЛИЧАЙШИЕ ТЕОРИИ

МАРИЯ КЮРИ

10

Радиоактивность и элементы



Самый сокровенный
секрет материи

МАРИЯ КЮРИ радиоактивность и элементы

10



DeAGOSTINI

Annotation

Мария Кюри — первая женщина в мире, получившая Нобелевскую премию. Вместе с мужем, Пьером Кюри, она открыла радиоактивность, что стало началом ее блистательной научной карьеры, кульминацией которой было появление в периодической системе Менделеева двух новых элементов — радия и полония. Мария была неутомимой труженицей, и преждевременная смерть Пьера не смогла погасить в ней страсть к науке. Несмотря на то что исследования серьезно вредили здоровью женщины, она не прерывала работу в лаборатории, а когда разразилась Первая мировая война, смогла поставить свои достижения на службу больным и раненым. Смерть Марии Кюри была результатом ее любви к науке, но ее открытия спасли тысячи жизней.

- [МАРИЯ КЮРИ](#)
 -
 - [Введение](#)
 - [Глава 1.](#)
 -
 - [ПЕРВАЯ УЧЕБА И ОБРАЗОВАНИЕ](#)
 - [ПАРИЖСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ](#)
 - [МАГНЕТИЗМ ПЬЕРА](#)
 - [БРАК](#)
 - [ЛУЧИ В ТЕМНОТЕ](#)
 - [БЕККЕРЕЛЬ И РАДИОАКТИВНОСТЬ](#)
 - [Глава 2.](#)
 -
 - [СКОЛЬКО?](#)
 - [КАКИЕ ВЕЩЕСТВА?](#)
 - [НЕУЛОВИМЫЙ ПОЛОНИЙ](#)
 - [РАДИЙ: БЕСКОНЕЧНЫЕ ПОИСКИ](#)
 - [ГРАНДИОЗНАЯ РАБОТА](#)
 - [ПОЧЕМУ?](#)
 - [Глава 3.](#)
 -
 - [ПРОГРЕСС В НОВОЙ НАУКЕ](#)
 - [ЭМАНАЦИЯ](#)

- [ТРАНСМУТАЦИЯ](#)
 - [КЮРИТЕРАПИЯ](#)
 - [ПОЛУЧЕНИЕ РАДИЯ И ПОЛЕМИКА ВОКРУГ ПОЛОНИЯ](#)
 - [ПРИЗНАНИЕ В БРИТАНИИ И ДОКТОРСКАЯ СТЕПЕНЬ В СОРБОННЕ](#)
 - [ВРУЧЕНИЕ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ](#)
 - [ВДОВА](#)
 - [Глава 4.](#)
 -
 - [БУРНЫЙ ГОД](#)
 - [РЕЗЕРФОРД И ОТКРЫТИЕ АТОМНОГО ЯДРА](#)
 - [ИНСТИТУТ КЮРИ](#)
 - [«МАЛЕНЬКИЕ КЮРИ»](#)
 - [ПОЕЗДКА В США](#)
 - [КОНЕЦ И ПРОДОЛЖЕНИЕ](#)
 - [Приложение](#)
 - [Список рекомендуемой литературы](#)
-

МАРИЯ КЮРИ

Радиоактивность и элементы

Самый сокровенный секрет материи

© Adela Muñoz Páez, 2012 (текст)

© RBA Coleccionables S.A., 2012 © ООО “Де Агостини”,
2014-2015

ISSN 2409-0069

*Моему сыну Энрике и всем тем, кто, как и он, начинает
свой профессиональный путь в наше сложное время.*

Введение

Нет другой такой женщины в истории, чьи научные достижения были столь широко признаны, как Мария Кюри. Она была первой преподавательницей Парижского университета за более чем 600 лет его существования, первой женщиной, получившей Нобелевскую премию, и первым ученым, которому вручили эту награду дважды. Но Мария, прежде всего, была увлеченной женщиной, посвятившей жизнь самой поглощающей страсти — страсти открытия. Однако не этот ее образ дошел до нас. Мария вошла в историю как верховная жрица, пожертвовавшая жизнью на алтаре науки, как богиня, которая выше человеческих страстей. Но на самом деле жизнь Марии была полна их. В ней присутствовали страсть к науке, любовь к своей стране, Польше, в честь которой был назван первый открытый ею химический элемент, любовь к дочерям, страсть к мужчинам, в которых она влюблялась. Она также страстно защищала право быть ученым в эпоху, когда женщины не имели самых элементарных прав.

Исследования Марии проходили в Париже. В конце XIX века этот город был столицей мира: столицей искусства благодаря художникам-импрессионистам, литературы — благодаря таким писателям как Золя, архитектуры — с такими сооружениями как Эйфелева башня, магии кинематографа — благодаря машине братьев Люмьер, показывавшей движущиеся картинки. А супруги Кюри сделали из Парижа столицу науки. Однако первой признала их гениальность не Французская академия. Шведская королевская академия наук, которая присуждает премии, учрежденные изобретателем динамита, в 1903 году за открытие радиоактивности вручила супругам Нобелевскую премию по физике.

Что такое радиоактивность? Почему она так важна? В последние десятилетия XIX века наука казалась законченным и хорошо построенным зданием, в котором материя и энергия были отдельными мирами с разными законами. Но на рубеже веков, всего за два десятка лет, ряд открытий обрушили значительную часть столпов, на которых основывалось знание о природе. Значимость открытия радиоактивности состояла в обнаружении связи между материей и энергией, которые могут превращаться одна в другую. Главная роль в этом открытии принадлежала Пьеру Кюри, преподавателю Высшей школы промышленной физики и химии в Париже, и его жене, Марии, польке, недавно получившей образование в области

физики и математики в Парижском университете.

Когда они открыли радиоактивность, Пьер был уже опытным ученым и сделал к тому времени несколько значительных открытий. Однако он не заслужил официального признания Французской академии. Научная карьера Марии Склодовской была намного короче, поскольку она представила свою докторскую диссертацию о свойствах веществ, которые спонтанно испускали лучи особой природы, в том же году, в котором им была присуждена Нобелевская премия.

Открытие радиоактивности, как и любое великое открытие, было результатом работы многих ученых. Сами лучи открыл французский ученый Анри Беккерель, наследник династии, изучавшей излучение минералов. По всему миру многие специалисты занимались детальным исследованием процессов радиоактивности, но особенно были заметны результаты новозеландского ученого Эрнеста Резерфорда, полученные в Макгилле (Канада), Манчестере и Кембридже. Сначала было установлено, что излучение, которое открыла Мария, состоит из трех типов, названных α , β и γ . Позднее использование α -частиц в качестве снарядов сделало очевидным существование атомного ядра, в котором концентрируются положительный заряд и большая часть атомной массы. Это открытие произвело революцию в химии, поскольку оказалось, что свойство, благодаря которому можно идентифицировать химический элемент, — это не атомная масса, а число протонов ядра, в то время как химическая активность определяется электронами внешней оболочки атома.

В преддверии Второй мировой войны, посвятив полжизни изучению структуры атомного ядра, австрийский физик Лиза Мейтнер поняла, что деление ядра атомов — это процесс, высвобождающий огромное количество энергии. Появление этой энергии, происходящей от потери небольшого количества массы, было предсказано Альбертом Эйнштейном за много лет до этого, в начале XX века. Эта энергия была использована в военных целях для построения атомной бомбы огромной командой ученых и инженеров под руководством Роберта Оппенгеймера.

Но самым известным применением радиоактивности, которое принесло популярность супругам Кюри, стало ее использование в медицине. Оно было предложено Пьером и изначально распространилось во Франции под названием «кюриотерапия». Ее начали изучать в больницах всего мира через несколько месяцев после открытия, и сегодня это незаменимый инструмент в лечении рака.

Несмотря на работу многих ученых, которые способствовали пониманию радиоактивности и развитию ее применения, именно Мария

Кюри признана первооткрывательницей этого явления. Поэтому в 1995 году, во время президентства Франсуа Миттерана, ее останки были перенесены в парижский Пантеон. Парадоксально, что полька занимает почетное место в этой усыпальнице великих людей Франции. Женщина в мире мужчин; полька, которая одержала победу в стране, в которой возникло слово «шовинизм» для определения гордости за родину; вдова, вырастившая двух дочерей; женщина без предрассудков, которой пришлось выдержать грубый натиск желтой прессы, чуть не повлекший самоубийство. Что это за женщина со строгим выражением лица, которая на фотографиях обычно одета в черное?

Жизнь Марии Склодовской-Кюри началась в Варшаве в середине XIX века. Она родилась в 1867 году в столице Польши, территория которой в то время была поделена между Австрией, Россией и Пруссией. Ее детство было отмечено смертью матери, которая скончалась, когда дочери было десять лет. В отрочестве Мария мечтала посвятить себя науке, но из-за отсутствия денег ей пришлось ждать семь долгих лет, прежде чем она поехала учиться в вуз своей мечты, Парижский университет. За это время у нее появились серьезные отношения с молодым Казимиром Зоравским, у родителей которого она работала гувернанткой; и то, что семья Зоравских воспротивилась их свадьбе, наполнило девушку горечью.

Когда в 1891 году Мария наконец обосновалась в Париже, тех небольших денег, которые были у нее в распоряжении, едва хватало на еду. Но ее тяга к знаниям была так сильна, что всего за три года она получила образование в области как физики, так и математики, причем с отличными оценками. Затем Марию поощрили грантом на изучение магнитных свойств сталей, и это исследование оказалось необычайно значимым в ее жизни, поскольку благодаря ему она познакомилась с блестящим и скромным ученым по имени Пьер Кюри. Сначала их объединила любовь к науке, а затем у них нашлось намного больше общего, так что в 1895 году Пьер и Мария поженились.

Через несколько недель после рождения первой дочери, Ирен, в конце 1897 года, Мария начала исследование, которое сделало ее знаменитой. Чтобы раскрыть природу таинственного излучения, которое недавно обнаружил Анри Беккерель, Мария обработала большое количество урана в сарае, прилегавшем к Школе промышленной физики и химии, где трудился Пьер. Благодаря своему энтузиазму Мария подтолкнула Пьера к совместной работе, и в 1898 году они объявили об открытии двух новых элементов, радия и полония. В 1903 году супругам Кюри совместно с Беккерелем присудили Нобелевскую премию за открытие явления

радиоактивности, название которому дала Мария. Это положило начало новой и завораживающей области исследований, посвященной атомному ядру. На следующий год родилась вторая дочь Кюри, Ева.

Трагедия вмешалась в жизнь Марии в 1906 году: Пьер погиб, сбитый экипажем. Марии предложили пенсию как вдове великого ученого, но она отказалась от нее и стала бороться с горем единственным способом, который знала: работой. Она взяла на себя кафедру Пьера в Сорбонне и управление лабораторией. В качестве беспрецедентного случая Мария получила вторую Нобелевскую премию по химии в 1911 году за открытие полония и радия и изучение этих элементов. Однако тот год был очень сложным для женщины, потому что именно тогда разразился так называемый скандал Ланжевена, когда были преданы огласке ее любовные отношения с одним из учеников ее мужа. Дуэль, на которую Ланжевен вызвал журналиста, написавшего один из худших пасквилей, прошла без крови, но все это серьезно подорвало здоровье Марии, уже ослабленное радиацией, так что ей пришлось держаться вдали от лаборатории в течение года.

Восстановившись, Мария принялась за создание Радиевого института, но когда были закончены работы по его строительству, началась Первая мировая война. И та, которую называли «чужестранкой, похитительницей мужей», без колебаний рискнула своей жизнью и жизнью своей дочери Ирен в борьбе за приемную страну. С фургонами, названными «маленькими Кюри», в которых перевозились портативные системы рентгеновских лучей, Мария, ее дочь и обученные ими люди объехали фронт и сделали более миллиона снимков раненых солдат. Когда закончилась война, фонды были пусты и было сложно раздобыть радий, Мария отправилась в США, откуда привезла один грамм этого элемента, который был вручен ей президентом Гардингом от имени американских женщин. Это был ее последний подвиг на ниве исследования радиоактивности. Здоровье Марии было сильно подорвано из-за многочасового облучения радием, и она ослепла от ранней катаракты. Кроме того, она страдала от острой анемии, которая отступала, только когда Мария проводила долгое время вдали от лаборатории, хотя она никогда не могла оставить работу совсем: исследование было ее жизнью.

Дочь Кюри, Ирен, которая начала работать под руководством матери, взяла на себя заботу о Радиевом институте и затем в значительной степени содействовала развитию французской науки и отстаиванию прав женщин. Она доставила последнюю радость Марии, открыв искусственную радиоактивность вместе со своим мужем Фредериком Жолио-Кюри, за что

они получили Нобелевскую премию по химии в 1935 году, через год после смерти Марии.

В целом сложно описать жизнь человека на страницах одной книги, но если этот человек — Мария Кюри, которая не только сделала открытия, принесшие ей славу, но также занималась деятельностью, невообразимой для своего времени, то это практически невозможная задача. Действительно, Мария была страстной велосипедисткой, удивительным полиглотом, яркой защитницей своей родной Польши, ревностной и одновременно щедрой обладательницей драгоценного радия, скрупулезным ученым-экспериментатором. Но, возможно, самое примечательное в ней то, что несмотря на столкновения с самыми разными грозными врагами в течение своей жизни, она так и не сдалась ни перед чем и ни перед кем. Марию победила лейкемия, вызванная открытой ею радиоактивностью. Но до этого она успела увидеть, как ее исследования дали начало новой науке и в значительной степени изменили представления о мире.

* * *

1867 Мария Склодовская родилась 7 ноября в Варшаве.

1877 Пьер Кюри, родившийся 15 мая 1859 года в Париже, получил образование в области естественных наук в Парижском университете.

1880 Пьер и его брат Жак открыли пьезоэлектрический эффект в кристаллах.

1883 Пьера назначили руководителем лаборатории при Высшей школе промышленной физики и химии Парижа. Мария окончила школу с почетной медалью.

1886 Мария устроилась гувернанткой в семье Зоравских в Щуках, где проработала в течение трех лет.

1891 Мария начала учебу в области физики в Сорбонне.

1893 Мария завершила образование в области физики.

1894 Мария получила образование в области математики. Познакомилась с Пьером.

1895 Пьер представил докторскую диссертацию по магнетизму. В июле Мария и Пьер вступили в брак. У них было двое детей: Ирен, родившаяся в 1897 году, и Ева, появившаяся на свет в 1904 году.

1898 Мария и Пьер открыли полоний и радий.

1900 Пьер получил должность преподавателя физики на подготовительных курсах Сорбонны, а Мария начала давать уроки в

Высшей женской нормальной школе в Севре.

1903 Мария представила свою докторскую диссертацию по радиоактивности. Супруги получили Нобелевскую премию по физике совместно с Анри Беккерелем.

1904 Пьер получил кафедру общей физики и радиоактивности в Сорбонне. Марию назначили руководителем лаборатории при кафедре.

1906 Пьер Кюри погиб в Париже 19 апреля, сбитый экипажем. В ноябре Мария заняла кафедру физики в Сорбонне.

1910 Мария опубликовала «Трактат о радиоактивности».

1911 Марию отвергла Французская академия наук, и в том же году она получила Нобелевскую премию по химии.

1914 Закончилось строительство Радиевого института в Париже. Во время Первой мировой войны Мария объезжала фронт с портативными блоками рентгеновских лучей.

1921 Первое путешествие Марии в США, где ей удалось получить один грамм радия.

1934 4 июля Мария умерла от апластической анемии в Сансельмозе (Франция).

1935 Ирен и ее муж Фредерик Жолио-Кюри получили Нобелевскую премию по химии за открытие искусственной радиоактивности.

1995 Прах Пьера и Марии перезахоронен во французском Пантеоне.

Глава 1.

ПОЛЬКА В ПАРИЖЕ

Хотя девочке Мане приходилось учить уроки на русском языке, она оплакивала мать на польском; когда ее мечта о свободе осуществилась, она говорила на французском и жила в холодной мансарде Латинского квартала. Студентка, которую теперь называли Мари, открыла в Парижском университете красоту физики и математики. Через некоторое время она не устояла перед магнетизмом Пьера, в то время как немецкие, английские и французские ученые воевали со спектрами излучений.

Сначала казалось, что у Марии есть все для того, чтобы быть счастливым ребенком, но в детстве она пережила две большие драмы. Самая ужасная состояла в том, что ее обожаемая мать, красавица Бронислава Богуская, после рождения дочери заболела туберкулезом и умерла, когда Марии было десять лет. Это было ударом для всей семьи, но особенно для маленькой дочери, которая обожала ее и которую мать никогда не обнимала, боясь заразить.

Другая большая драма в жизни Марии была следствием политического положения Польши. С 1772 года страна перестала существовать как государство и была поделена между Австрией, Россией и Пруссией. Варшава и ее окрестности попали во владение Российской империи. Дед Марии со стороны отца участвовал в Польском восстании 1830 года и после ареста был вынужден идти 200 км босиком в Варшавскую тюрьму. Руководителей восстания 1863 года повесили в Варшавской крепости, недалеко от дома на улице Фрета, где через четыре года, 7 ноября 1867 года, родилась Мария. У ее родителей уже было четверо детей: Зося, Юзеф, Броня и Хелена.

ПЕРВАЯ УЧЕБА И ОБРАЗОВАНИЕ

Отца Марии, Владислава Склодовского, сняли с должности директора института, в котором он преподавал, из-за его политических убеждений. Владислав был вынужден занимать должности более низкой категории с меньшей зарплатой, пока в итоге его не исключили из системы государственного образования. Чтобы содержать семью, он был вынужден принимать постояльцев, которым предоставлял жилье, полный пансион и обучение. Из-за этого две его дочери, Мария и Хелена, остались без комнаты: они проводили ночь на диванах в столовой, из которой должны были уходить на рассвете, чтобы постояльцы могли позавтракать. Но самое худшее было в том, что один из этих постояльцев принес в дом клопов и других паразитов, из-за которых двое детей заразились тифом и старшая дочь, Зося, умерла. Мать, которая уже была тяжело больна туберкулезом, так и не оправилась от этой трагедии и скончалась через год. С тех пор отношения Марии с отцом, братом и сестрами, особенно с Броней, стали еще более тесными.

Сложное экономическое положение и смерть родственников не помешали Марии в возрасте 15 лет с высшими оценками закончить среднее образование, получив похвальную грамоту. Несмотря на неистовое желание продолжить учебу, ни она, ни ее сестры не могли поступить в Варшавский университет, поскольку ни в один вуз женщин не принимали. Они также не могли поехать учиться за границу, поскольку и так пошатнувшееся экономическое положение семьи окончательно ухудшилось, когда Владислав вложил свои сбережения в разорительный бизнес, основанный одним из его родственников.

Но ни Мария, ни Броня не собирались отказываться от своей мечты поехать в Париж, в Сорбонну, куда принимали женщин. Чтобы достигнуть этой цели, Мария предложила Броне договор, согласно которому она должна была работать, чтобы оплатить учебу Брони в области медицины, а когда та получит образование и начнет работать, то будет финансировать учебу Марии. Сестры выполнили договор, но прошло семь лет, пока Мария смогла поехать в Париж. В эти годы Мария полюбила старшего сына семьи, в которой она работала гувернанткой, Казимира Зоравского, так сильно, что они строили планы на свадьбу. Но пара столкнулась с тем, что родители молодого человека были категорически против этого брака, и помолвка была расторгнута. Это наполнило Марию грустью и горечью — а

ей еще не исполнилось 20 лет.

В годы ожидания Мария активно занималась в Летучем университете, подпольном высшем учебном заведении. По большей части учениками были женщины. Эти занятия, которые ради безопасности проводились каждый день в новом месте, стали определяющими в судьбе будущей исследовательницы. Действительно, на них Мария, которая тогда писала стихи и рассматривала возможность того, что станет писательницей, серьезно увлеклась наукой и решила посвятить ей всю жизнь.

Кроме того, в это время Мария получила знания, которые стали основой ее будущей научной работы. Один из ее двоюродных братьев со стороны матери, Юзеф Богуский, директор Музея промышленности и сельского хозяйства, который учился химии в Санкт-Петербурге, предложил ей проводить эксперименты в лаборатории. Воспроизведение опытов, описание которых она нашла в книгах по химии, во время бесчисленных воскресных вечеров предоставило Марии базу, которая оказалась очень полезной при работе над докторской диссертацией.

Юзеф Богуский учился вместе с химиком Дмитрием Менделеевым, ассистентом которого он позже стал. В 1869 году, через два года после рождения Марии, Менделеев открыл периодическую таблицу химических элементов. Речь шла о способе упорядочить элементы, известные к тому времени, по колонкам со схожими химическими свойствами. Одной из самых гениальных догадок Менделеева было предсказание существования еще не открытых элементов, которые должны были заполнить пустоты его великой таблицы. Когда французские и немецкие ученые открыли несколько элементов, существование которых предсказал Менделеев, он получил мировую славу. Для формирования у Марии широты взглядов, которая позволила ей делать свои открытия, имело ключевое значение убеждение Менделеева в том, что должны существовать химические элементы, которые пока еще никто не открыл.

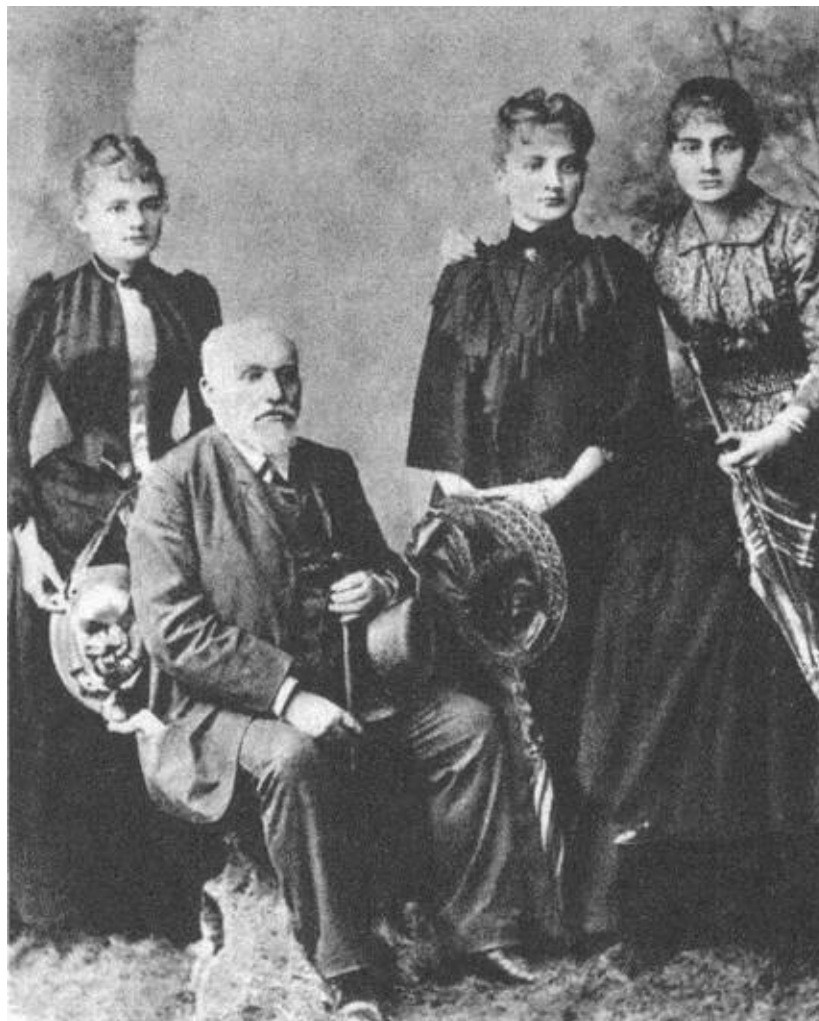
ПАРИЖСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В ноябре 1891 года Мария наконец поехала в Париж. После многих дней подготовки и следуя советам сестры, которая уже несколько раз путешествовала по этому маршруту, она переехала из Варшавы во французскую столицу. По шоссе это 1600 км, что сегодня предполагает чуть больше двух часов на самолете. Но для Марии это означало почти четыре дня пути самым дешевым классом в поезде, где даже не было сидений, поэтому вместе с багажом, книгами, одеялами и едой ей пришлось везти с собой стул. К тому времени она превратилась в полноватую девушку с пухлыми губами; ее взгляд, молчаливый и любопытный, был оттенен упрямыми светлыми локонами, которые были кошмаром Марии со школы.

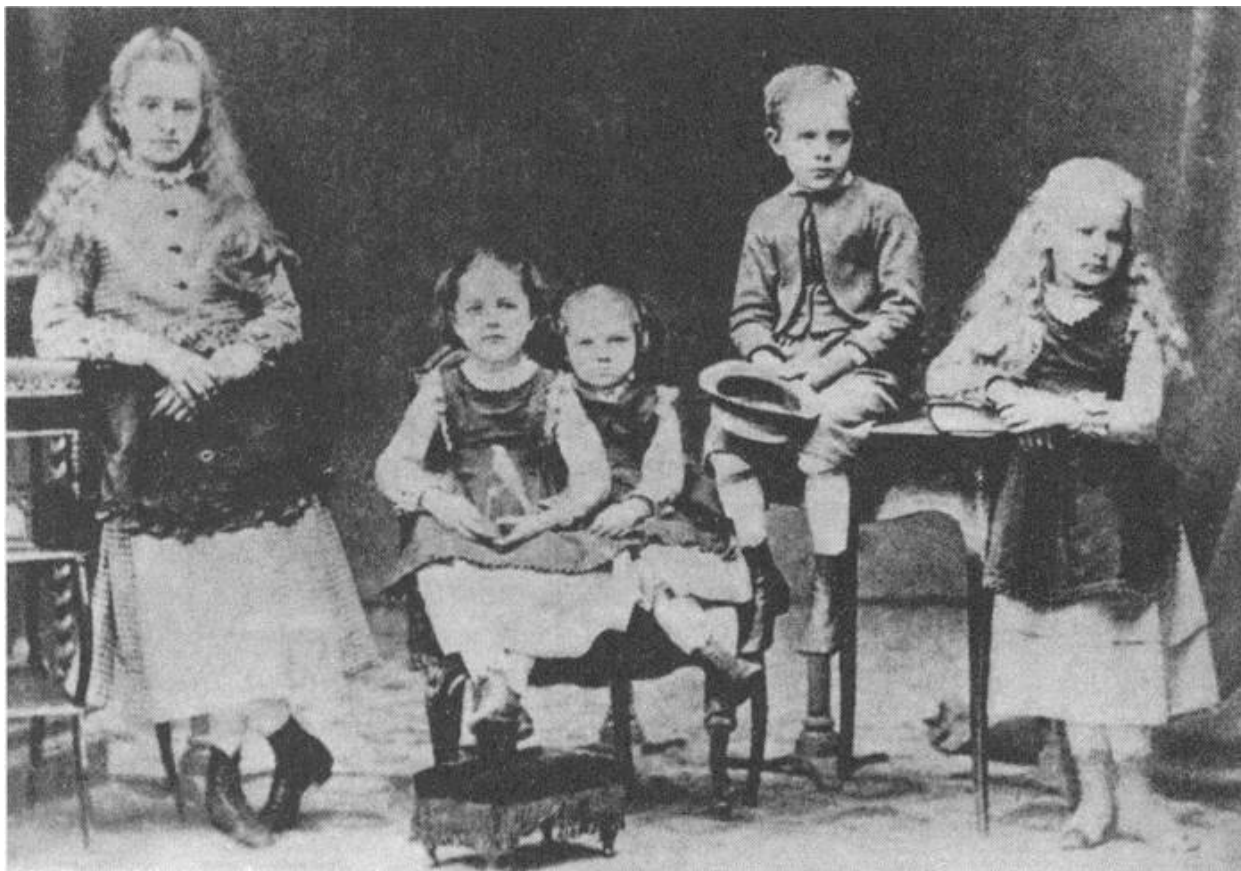
Первое, что она сделала, — записалась в Парижский университет, изменив имя на французское Мари (имя, данное ей при рождении, было Мария Саломея). Она была одной из 23 учениц женского пола среди 1825 студентов факультета естественных наук. Из 9000 студентов, которые тогда обучались в Сорбонне, только 210 были женщинами, и большая часть из них изучали медицину. Однако число студенток, которые действительно серьезно относились к учебе и не ограничивались посещением нескольких занятий, было намного меньше. В 1893 году, когда Мария закончила обучение, во всем университете была лишь еще одна выпускница.



Мать Марии, Бронислава Богуская, скончавшаяся в 1898 году.



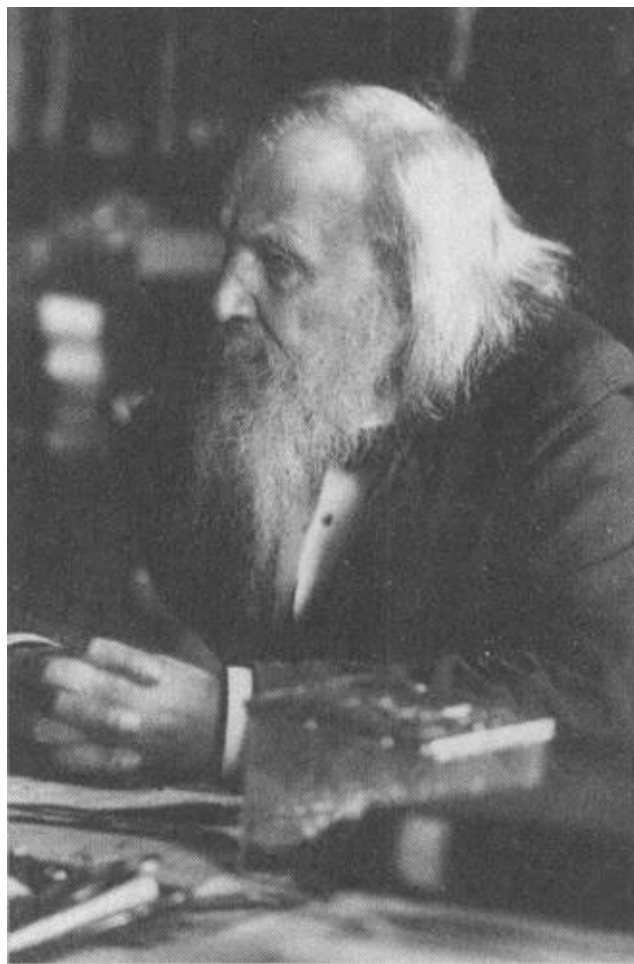
Владислав Склодовский со своими дочерьми Марией, Броней и Хеленой в 1890 году.



Дети семьи Склодовских: слева направо, Зося (родилась в 1862), Хелена (1866), Мария (1867), Юзеф (1863) и Броня (1865).

* * *

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА МЕНДЕЛЕЕВА



Химическая лаборатория будет неполной, если на ее стенах не висит периодическая таблица, и обычно преподаватель химии не может обучать этому предмету, не ссылаясь на нее. Периодическая таблица появилась благодаря великому химику Дмитрию Менделееву (1834–1907). Когда в 1867 году Менделеев впервые столкнулся с преподаванием неорганической химии, он обнаружил множество соединений, элементов и реакций, не обладающих видимой связью. С целью организовать этот хаос преподаватель обобщил информацию о каждом элементе на маленьких карточках, расположил их по возрастанию атомной массы и сгруппировал всеми возможными способами. В отчаянии оттого, что не может найти главного принципа,

Менделеев заснул на рабочем столе, и ему приснилось нечто, похожее на периодическую таблицу. Проснувшись, он составил таблицу, в которой атомная масса элементов, представленных по рядам, увеличивалась слева направо. Колонки, названные

«группами», включали в себя элементы, имеющие сходные химические свойства. Однако таблица Менделеева была не первой попыткой организовать химические элементы. Так, в 1829 году немецкий химик Иоганн Вольфганг Дёберейнер нашел серию триад; в 1864 году англичанин Джон Ньюлендс расширил эту классификацию и установил закон октав, а в 1869 году немец Юлиус Майер составил классификацию, очень похожую на систему Менделеева. Но самым примечательным в классификации русского химика была ее способность к прогнозированию: можно было предсказать существование элементов, которые, хотя еще и не были открыты, должны были заполнить пустоты таблицы. Менделеев даже имел смелость предсказать свойства некоторых неизвестных элементов, а именно галлия, германия, радия и полония. Потребовалось почти полвека, чтобы с помощью модели атома новозеландского ученого Эрнеста Резерфорда, разработанной в 1911 году и дополненной в 1913 году датским ученым Нильсом Бором (модель которого включала квантовые постулаты), стало возможным подтвердить правильность порядка, найденного Менделеевым.

* * *

Несмотря на то что женщинам доступ к высшему образованию был запрещен, в Польше (и семья Марии тому пример) было много образованных женщин, которые имели профессию.

К примеру, мать будущей исследовательницы была директором лучшего женского пансиона в Варшаве. Однако во Франции, где женщинам не нужно было преодолевать препятствия для получения образования, это было редкостью. Так что присутствие студенток в Сорбонне, чаще всего иностранок, воспринималось как допустимая эксцентричность на преимущественно мужской территории. Показательный образ женщин французского общества представляет нам писатель Октав Мирбо (1848–1917), который утверждал, что «женщина — это не мозг, это чувственность, что намного лучше. У нее есть единственная роль в этом мире: заниматься любовью и обеспечивать продолжение рода».

Невозможно описать все, что мне дали те годы. Освободившись от каких-либо материальных обязательств, я погрузилась в радость учения, хотя условия моей жизни были далеки от идеальных.

Мария Кюри, «автобиографические заметки»

Итак, в Париже той «прекрасной эпохи» женщинам позволялось поступать в Сорбонну, но женщина, которая кроме этого претендовала на изучение физики и математики, считалась странным человеком. Похоже, это не останавливало Марию, которой недавно исполнилось 24 года. Она приехала в столицу Франции, готовая воспользоваться этой возможностью, не обращая внимания на все предрассудки и материальные затруднения. Как Мария объяснила позже, больше всего на этом новом этапе своей жизни она наслаждалась ощущением свободы, того, что она хозяйка своего времени и может учиться без ограничений, посещая те занятия, которые ей нравятся. Кроме того, после занятий с учителями на родине, которые (за редким исключением в виде ее двоюродного брата Юзефа Богуского) имели скудное образование, она в значительной степени оценила то, что в Сорбонне были одни из лучших в Европе преподавателей по естественным наукам.

Через несколько месяцев после прибытия в Париж она оставила дом своей сестры и сняла комнату на последнем этаже здания в Латинском квартале (район, расположенный очень близко от Сорбонны), где вела спартанский образ жизни. Ее время распределялось между занятиями, работой в лаборатории и самостоятельной подготовкой в библиотеках и дома. Поскольку бюджет Марии был очень скудным, она не могла оставить ни сантима на такую роскошь, как покупка мяса, угля для обогрева и приготовления еды и сменной одежды. У нее также не было других занятий, кроме учебы, так что тратить пол-утра на покупки и стряпню не входило в ее планы. Скудность в еде привела ее к состоянию чрезвычайной слабости. К счастью, рядом была приятельница, которая оповестила сестру Марии, и та приютила ее на время. Но едва восстановив силы, Мария вернулась в мансарду, к скудной еде и бесконечным часам учебы.

Она страдала не только от голода, но и от холода; сама Мария рассказывает в мемуарах, что зимой замерзала вода в раковине, которая стояла в ее комнате, и однажды, когда уже не хватало одежды и одеял, она накрылась сверху стулом, чтобы хоть как-то согреться. Но даже питаясь почти исключительно чаем, хлебом и маслом и съедая иногда одно яйцо,

через два года после прибытия в Париж она завершила образование по физике, став лучшей в своем выпуске. Главное, она всегда вспоминала эти годы как полные счастья: после стольких лет ожидания и борьбы наконец-то исполнилась ее мечта изучать естественные науки в одном из лучших университетов.

Благодаря отличным оценкам Марии предоставили грант Фонда Александровича, предназначенный для выдающихся польских студентов, которые желали учиться за границей. Это позволило ей теперь изучать в Парижском университете математику. В июле 1894 года она стала второй в списке выпускников курса, что было для нее поражением, за которое она упрекала себя в течение нескольких лет.

После этого Мария получила еще один грант, на этот раз французский, от Общества поощрения национальной промышленности. Его целью было изучение магнитных свойств сталей под руководством профессора Габриэля Липпмана, одного из наставников Марии в Сорбонне. Когда девушка начала выполнять эту работу, выяснилось, что в лаборатории нет необходимых инструментов и что она не может рассчитывать на сотрудничество ни с одним ученым, разбирающимся в этой теме; однако благодаря счастливой случайности обе проблемы были решены. Доктор Юзеф Ковальский, в то время преподаватель физики во Фрайбургском университете, совершал свадебное путешествие в Париж со своей супругой, молодой полькой, которая знала Марию еще со времен ее работы гувернанткой в доме Зоравских. Мария встретила с ними и рассказала о своих проблемах. Ковальский сказал ей, что знает человека, способного ей помочь, ученого, который больше всех знает о магнетизме не только во Франции, но и на всем континенте: это Пьер Кюри. Одним весенним вечером 1894 года Ковальский пригласил их обоих.

МАГНЕТИЗМ ПЬЕРА

Официальные биографы, среди которых сама Мария и ее дочь Ева, говорят, что связь между Пьером и Марией возникла сразу; можно сказать, что это была любовь с первого взгляда. Слова кажутся бедными для того, чтобы описать, что же возникло между ними — нечто такое же интенсивное, как магнитные поля, которые использовал Пьер для изучения магнетизма.

Настолько интенсивное, что Мария отклонилась от той цели, которую себе поставила, — приехать в Париж только для того чтобы потом использовать полученные знания на благо своей родины. После получения высшего образования в области физики и математики и окончания гранта на изучение статей Мария планировала вернуться в Варшаву. Она хотела помочь своей стране наилучшим способом из известных ей: обучая своих соотечественников. Так, летом 1894 года Мария думала, что оставляет Париж навсегда.

Но она не могла предвидеть встречу с Пьером. Он впервые в своей жизни поборол свою хроническую нерешительность и сделал все возможное и невозможное, чтобы убедить Марию вернуться. Пьер не был связан никакими отношениями, когда познакомился с Марией; он жил для науки и не был готов разделить свою жизнь с кем-то, у кого не было бы той же цели, что и у него. Его мнение о научных способностях женщин было не слишком высоким, но это, как и многое другое в его жизни, резко изменилось после знакомства с Марией. Не менее радикальными были изменения и в жизни молодой женщины.

Итак, этот серьезный и застенчивый господин, у которого в его 35 лет не было никаких отношений, все лето искал способ встретиться с Марией. Поехать к ней в Варшаву казалось ему чрезмерным вмешательством, но он подумал, что, возможно, они смогут встретиться в Швейцарии, когда она с отцом на несколько дней поедет туда на отдых. В итоге он не решился на эту встречу (как расскажет об этом позже), но не переставал писать ей в своем характерном хаотичном стиле. В этих письмах он говорил о том, что они имеют общую мечту посвятить себя науке. Также он делал ей такие неприличные предложения, как снять вдвоем квартиру, которая была рядом с их лабораторией. Сегодня кажется естественным, что мужчина и женщина живут вместе, не оформляя отношений, но в конце XIX века предложение жить в одном доме, не состоя в браке, должно быть, звучало

вопиюще даже для Марии, которая мало внимания обращала на условности. Одно дело — принимать его в мансарде в Латинском квартале, где она жила одна, а совсем другое дело — согласиться на предложение жить с ним, какой бы удобной ни была для обоих эта квартира.

Пьер Кюри в 1891 году начал изучение магнитных свойств различных соединений и элементов. В то время знания о магнетизме были очень пространными, но было известно, что вещества можно разделить на три группы в зависимости от их поведения в присутствии магнитных полей. Самой многочисленной группой были диамагнетики, то есть группа слабомагнитных веществ, намагничивающихся против направления внешнего магнитного поля. Парамагнитные вещества, наоборот, намагничиваются по направлению внешнего поля. Наконец, сильномагнитные вещества, или ферромагнетики, среди которых железо, могут обладать намагниченностью в отсутствие внешнего магнитного поля. Пьер изучал поведение 20 веществ в магнитном поле, нагревая их до высокой температуры, и выяснил, что диамагнетики не изменяют свойств с ростом температуры, в то время как парамагнитные вещества теряют при этом магнитные свойства. Но наиболее вызывающе вели себя ферромагнитные вещества, которые теряли свои свойства и превращались в парамагнетики, если имели температуру выше пороговой (названной температурой Кюри в честь Пьера).

Результаты этой работы составили его докторскую диссертацию, представленную 6 марта 1895 года. Это была выдающаяся работа, которая произвела революцию в знаниях того времени о магнетизме. Среди присутствующих на защите был доктор Эжен Кюри; как отец, он мог с гордостью убедиться, каким удачным было его решение не отдавать своего сына, казавшегося тугодумом, в школу, а вместо этого нанять учителей, чтобы не менять его личного ритма обучения. Еще одним человеком, присутствовавшим на защите, была польская студентка, которая попросила помощи Пьера в исследованиях магнитных свойств сталей. Должно быть, девушка произвела на него очень большое впечатление, поскольку через некоторое время после знакомства с ней Пьер отправил ей необычное любовное послание — экземпляр статьи с дарственной надписью, в которой он сформулировал свой *универсальный принцип симметрии*.

Практичный характер и возможность создания семьи, которую, должно быть, учитывал Пьер, наверное, были определяющими в решении получить наконец докторскую степень. Вне зависимости от мотивов, которые побудили его представить диссертацию, это было очень плодотворным решением, поскольку через некоторое время после защиты

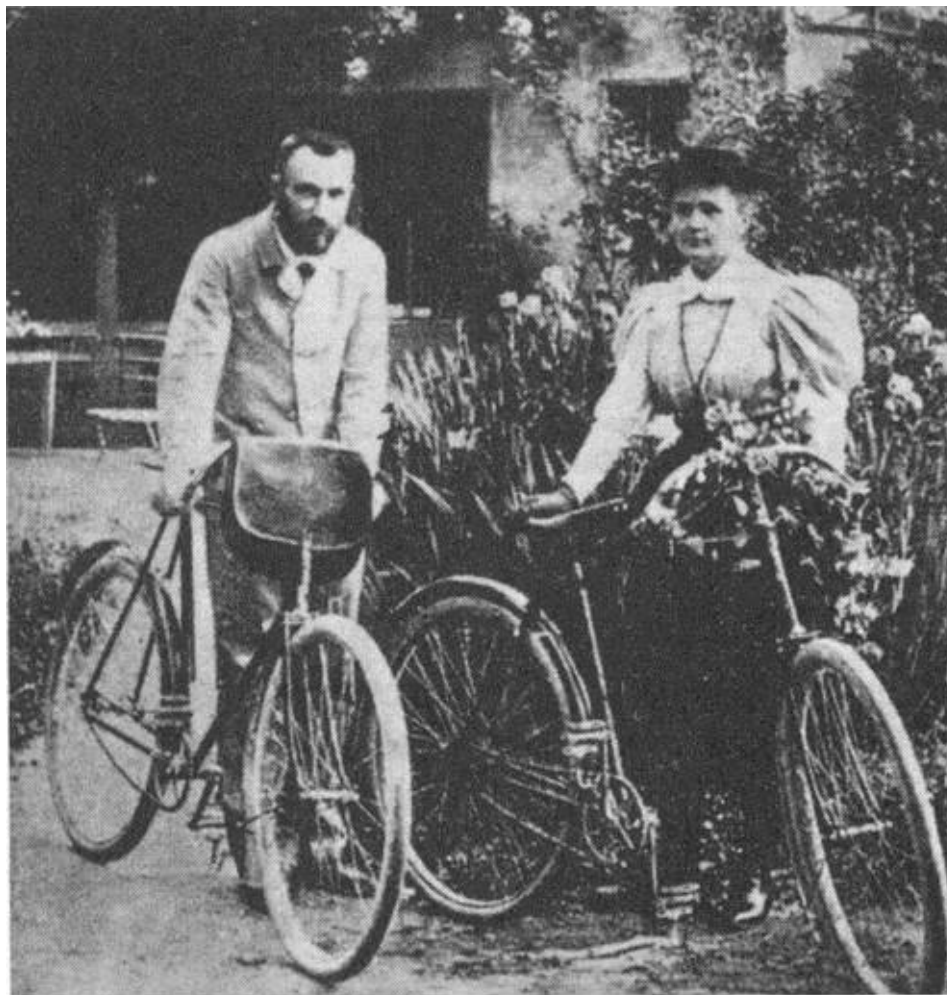
Пьер получил кафедру в Школе промышленной физики и химии. С другой стороны, он привлек внимание Французской академии наук, которая через некоторое время вручила ему и его брату премию Планте за открытие пьезоэлектричества, совершенное, когда Пьеру было немногим больше 20 лет. Это признание не было случайностью; когда Пьер защитил докторскую диссертацию, он уже получил результаты первой величины в различных областях (таких как симметрия кристаллических соединений, пьезоэлектричество и магнетизм), и его работы привлекли внимание влиятельных иностранных ученых, таких как лорд Кельвин. Тот факт, что он не представлял свою диссертацию раньше, был вызван не исследовательской ревностью, а тем, что он не придавал значения почестям и академическим званиям.



Мария (внизу слева) в семейном кругу. Фотография была сделана, когда она еще жила в Варшаве.



Мария в доме Дуских на улице Альмань после прибытия в Париж. Это была любимая фотография Пьера.



Супруги Кюри с велосипедами, на которых они отправились в свадебное путешествие.

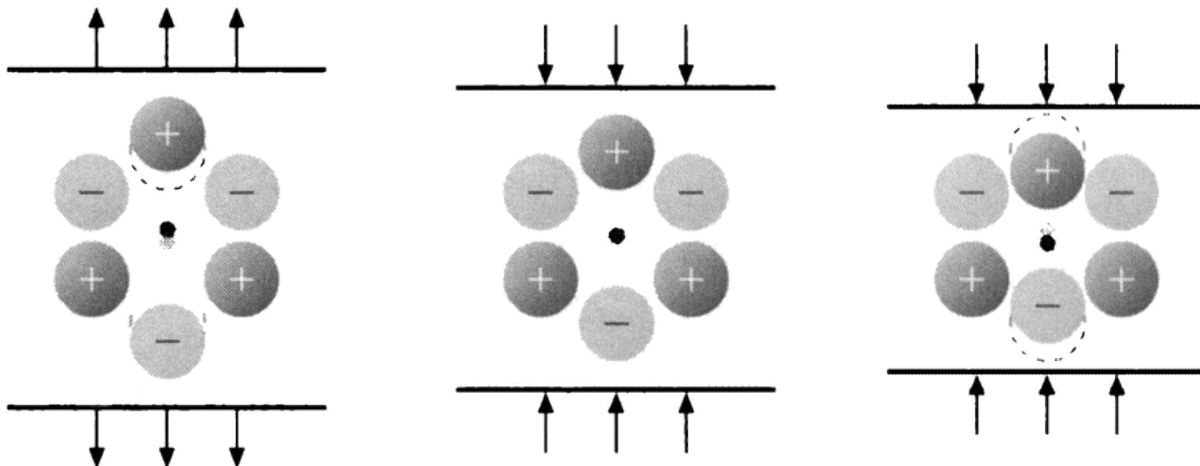
* * *

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСТВО: ВОПРОС СИММЕТРИИ

Механизм поджига во многих газовых плитах основывается на явлении, открытом Пьером Кюри вместе с его братом Жаком. Оно состоит в создании разряда с помощью давления, которое является следствием отсутствия центра симметрии в некоторых веществах. Когда создается давление на определенную ось кварца или турмалина, заряды автоматически распределяются по граням, перпендикулярным этой оси, и создается небольшая разница

потенциалов. Первым перспективным применением этого явления был пьезоэлектрический сонар, который разработал Поль Ланже- вен во время Первой мировой войны для обнаружения подводных лодок. Пьезоэлектрическая система, подключенная к гидрофону, издавала высокочастотные сигналы, и, измерив время, через которое возвращалось эхо, можно было вычислить расстояние до объекта. Затем было разработано огромное число устройств, использующих этот эффект; одно из самых простых — зажигалка: при нажатии на кнопку ударник бьет по пьезоэлектрическому кристаллу, создается высокое напряжение на концах кристалла, из-за чего возникает искра, с помощью которой зажигается газ.

Пьезоэлектрические кристаллы



Распределение зарядов в веществе без центра смещения: в центре — распределение симметрии; слева — удлинение, а справа — сжатие вдоль одной из осей, параллельной плоскости бумаги.

БРАК

Самым заметным изменением в жизни Пьера после защиты диссертации было изменение не академического статуса, а семейного положения. Поначалу казалось, что двум людям из таких далеких городов, как Париж и Варшава, столиц таких разных обществ — блестящей Франции конца XIX века и расчлененной Польши, будет сложно найти взаимопонимание. Но несмотря на расстояние, было много вещей, которые их объединяли. Они происходили из похожих семей, члены которых были очень близки друг другу и испытывали большое увлечение наукой. В обеих семьях было гораздо больше академического образования, чем денег, а их родители были в какой-то степени потерпевшими неудачу учеными.

Но в их академическом образовании было фундаментальное различие: в то время как Мария была примерной ученицей, которая получала высшие оценки на всех занятиях, Пьер из-за разновидности дислексии, вызвавшей сложности при письме, обучался за рамками общего образования. Столкновение железной дисциплины Марии и хаотичного и бьющего через край творчества Пьера, должно быть, вызывало многочисленные конфликты, но затем эти характеры необычным образом дополнили друг друга как в личном, так и в профессиональном плане. Их любовь к науке была такой же безусловной, как и презрение к деньгам и славе. Спартанский образ жизни, без уступок моде или капризам, был естественным для них обоих. И наконец, хотя и по-разному, но оба были глубоко ранены душевно: Пьер — смертью подруги отрочества, Мария — презрением семьи Зоравских.

Свадьба состоялась 26 июля 1895 года в муниципалитете Со, в пригороде Парижа, где жил Пьер со своими родителями. Самым ветренным поступком, который совершила Мария, чтобы отметить это событие, была покупка нового костюма. Но она специально выбрала модель синего цвета: затем его можно было носить в лаборатории. По открытому желанию молодоженов церемония была светской. Пьер не был крещен и также не получил никакого религиозного образования из-за атеистических убеждений его отца. Мать Марии, напротив, была яркой католичкой, которая воспитывала своих детей в этой религии, но ее ранняя смерть, причинившая Марии столько боли, стерла у девушки все следы веры.

Молодожены поехали в свадебное путешествие по полям Бретани на велосипедах, которые купили на деньги, полученные в качестве свадебного

подарка. В конце XIX века велосипед был невольным участником беспрецедентной революции в женском поведении. В то время появились первые конструкции с двумя колесами одинакового размера, что превращало их в эффективное средство передвижения и делало езду доступной для женщин. Одежду, включая корсеты, многослойные юбки и пышные шляпы, для этого пришлось упростить. Юбки укоротились и подошлись, их дополнили шаровары, чулки до колен и дамские ботинки. Шляпы стали легче и плотно прижимались к голове, корсеты сократились до минимума, чтобы облегчить движения. Все эти изменения были не просто вопросом моды, они предполагали кардинальные перемены в женском социальном поведении.

Мария стала страстной велосипедисткой, и ее одежда была приспособлена к езде на велосипеде, как это можно видеть на известной фотографии, где они вместе с Пьером стоят у дома его родителей в Со. Супруги сделали этот снимок рядом со своими новыми велосипедами после свадьбы. На Марии довольно короткий костюм, дамские ботинки и маленькая соломенная шляпка. Супруги не ограничились этой поездкой, и с учетом дешевизны этого транспорта велосипеды стали их семейным средством передвижения. Кроме того, так как Мария была яркой сторонницей упражнений на свежем воздухе, велосипед был главным элементом ее досуга.

После возвращения из свадебного путешествия пара переехала в маленькую квартиру на улице Гласьер (рядом со Школой промышленной физики и химии), которую они заполнили лишь самой необходимой мебелью, оказавшейся ненужной их семьям. Пьер вновь принялся за работу преподавателя, а также за исследования симметрии кристаллов и магнетизма. Так как его зарплаты не хватало на то, чтобы содержать семью из двух человек даже с такими небольшими потребностями, Мария подготовилась к конкурсу на получение должности преподавателя и заняла первое место на экзаменах, которые сдала летом 1896 года. Это дало ей право вести уроки в нормальных школах для девушек, и с 1900 года она стала преподавать в школе в Севре. Кроме того, Мария возобновила изучение намагниченности разогретых сталей, но занималась этим не в лаборатории Липпмана в Сорбонне, а в Школе промышленной физики и химии, где работал Пьер. Пауль Шуценбергер, директор школы и постоянный покровитель Пьера, широким жестом позволил ей работать там же, где Пьер проводил эксперименты для диссертации. Мария закончила исследования в 1897 году, когда их первая дочь уже должна была появиться на свет, и опубликовала результаты в 1898 году.

Во время каникул мы ездили на велосипеде еще дальше. Мы объехали значительную часть Оверни и Севенн, так же как и несколько прибрежных районов. Эти поездки на весь день, в результате которых мы каждый вечер приезжали в новое место, были наслаждением.

Мария Кюри, «автобиографические заметки»

* * *

Рождение Ирен 12 сентября 1897 года не вынудило Марию отступить от намерения сделать научную карьеру. Пьер даже не задумывался о такой возможности, а Мария получила неоценимую помощь от другого мужчины семьи Кюри. Важную роль сыграл ее свекор Эжен Кюри, доктор на пенсии, который присутствовал при родах. После смерти своей супруги, через две недели после рождения Ирен, он оставил собственный дом и обосновался в доме Марии и Пьера, полностью посвятив себя заботе о внучке. Хотя Мария старательно следила за физическим и умственным развитием дочери и шила для нее всю одежду, именно дедушка Эжен наблюдал за польскими кормилицами внучки и играл с ней.

Должно быть, Эжен был исключительным человеком, поскольку он не только не критиковал необычное поведение своей невестки, но и поддерживал Марию во всех ее решениях. Когда она вернулась в лабораторию через три месяца после рождения Ирен, то знала, что оставляет девочку в хороших руках. Марии нужно было много сил, чтобы взяться за новую исследовательскую работу, поскольку она собиралась получить степень доктора наук, которую впервые за 600 лет истории Парижского университета присвоили бы женщине.

ЛУЧИ В ТЕМНОТЕ

Первый вопрос, которым задались супруги, был о предмете исследований Марии. Пьер уже был известным ученым, когда познакомился с Марией, что она прекрасно понимала, несмотря на отсутствие признания со стороны официальных научных учреждений во Франции, таких как Парижский университет и Французская академия. Пьер был пионером в различных областях, и, как свидетельствовали его ученики, он был отличным наставником. Следовательно, Мария могла провести работу в любой из областей, где Пьер был специалистом. Однако она была зачарована интригующими «урановыми лучами», открытыми Анри Беккерелем за пару лет до этого. Так что Мария решила, что ее диссертация будет посвящена этой области; молодая польская студентка не последовала по блестящему научному пути своего мужа, а решила проложить свою собственную дорогу. Исследование оказалось таким завораживающим, что в конце концов привлекло и гения-мечтателя Пьера. Вдвоем они одержали победу там, где Анри Беккерель, член Французской академии, потерпел поражение.

В последние годы XIX века ученые Парижа и всей Европы находились под впечатлением революционного открытия, которое совершил в ноябре 1895 года Вильгельм Конрад Рентген, преподаватель физики в университете Вюрцбурга. Рентген изучал действие электрических разрядов в вакуумных трубках Крукса и свойства катодных лучей, возникающих в них. Ученый заметил, что кроме катодных, в трубке возникают другие типы лучей.

Рентген назвал их икс-лучами в честь символа неизвестной переменной, поскольку у них были свойства, которые отличали их от всех лучей, известных к тому времени. Например, они позволяли видеть кости, не повреждая окружающих их тканей, что Рентген продемонстрировал на самом известном рентгеновском снимке в истории, где запечатлена рука его жены Берты с кольцом на безымянном пальце. Свойства этих лучей были такими невероятными, что о них писали все газеты. Сразу же была предложена возможность использовать их в медицине, как для постановки диагноза, так и для лечения. Даже велись споры, можно ли воспользоваться их способностью открывать скрытое для того, чтобы действовать против чести и достоинства дам.

В лабораториях по всему миру началось лихорадочное стремление

открыть лучи с такими же завораживающими и уникальными свойствами, как у рентгеновских. Всего лишь через месяц после объявления об их открытии, 20 января 1896 года, икс-лучи были официально представлены в Париже президентом Французской академии наук Анри Пуанкаре. Выдающийся ученый указал на возможность связи между рентгеновскими лучами и фосфоресценцией, то есть на способность некоторых веществ излучать свет после того, как они были освещены. Среди французских исследователей, присутствовавших при этом, был Анри Беккерель, член династии, занимавшейся изучением явлений фосфоресценции.

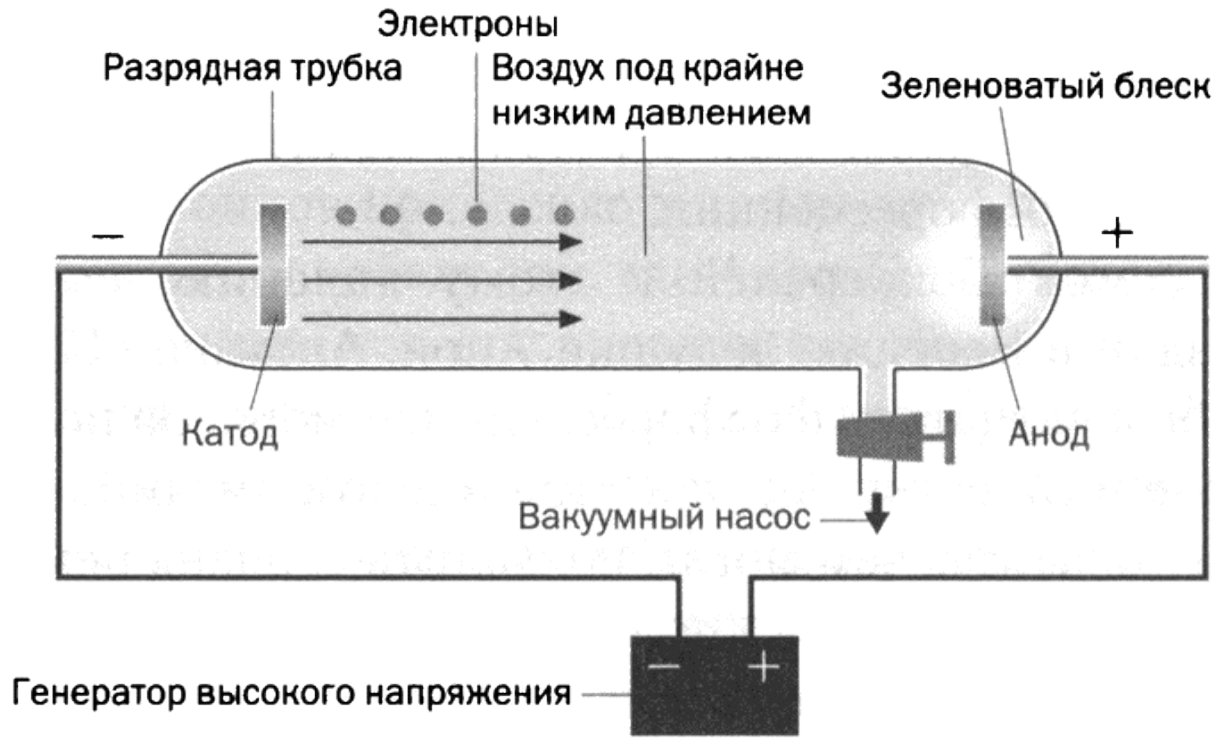
Интерес семьи Беккерелей к этому явлению возник во время поездки в Венецию дедушки Анри, Антуана (1788–1878), где он был впечатлен фосфоресценцией моря. За исследования по электричеству Антуан стал членом английского Королевского общества, чем могли похвалиться очень немногие иностранцы. Он также был первым Беккерелем, который руководил лабораторией прикладной физики в Музее естественной истории во Франции, — должность, которую непрерывно занимали члены его семьи в течение почти сотни лет. Его сын, Александр Эдмон (1820–1891), продолжил изучать явления фосфоресценции и сменил своего отца на посту директора лаборатории музея. Его внук, Анри (1852–1908), который родился в жилом помещении музея, отведенном для семьи директора, учился сначала в Политехнической школе, а затем в Национальной школе мостов и дорог. Он начал научную карьеру под руководством отца, которого сменил на посту директора лаборатории музея. Несколькими годами ранее, в 1889 году, он был избран членом Французской академии, пожизненным секретарем которой он стал позже, а в 1895 году получил кафедру в Политехнической школе. Его сын, Жан Беккерель (1878–1953), сменил его на посту директора лаборатории прикладной физики музея.

* * *

ТРУБКИ КРУКСА, X-ЛУЧИ И КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Английский химик сэр Уильям Крукс (1832–1919) изучал проводимость газов при крайне низком давлении и для этого разработал трубки, которые носят его имя. Ученый заметил, что если в концы трубки с вакуумом поместить два электрода, к которым приложить высокое напряжение, по трубке проходят

лучи, испускаемые катодом (в связи с чем он назвал их «катодные лучи»), из-за чего светятся флуоресцентные экраны, на которые они направлены. Очевидность этих результатов привлекла внимание других исследователей. Так, 8 ноября 1895 года немецкий физик Вильгельм Конрад Рентген (1845–1923) заметил, что когда катодные лучи сталкиваются с металлической поверхностью анода в трубке Крукса, они производят другие лучи с уникальными свойствами: они невидимы, способны выходить из трубки, пересекать черный картон и освещать флуоресцентный экран. Он назвал их икс-лучами за их интригующие свойства, и через несколько недель после открытия (которое в итоге принесло Рентгену Нобелевскую премию по физике) они уже применялись в медицине, произведя революцию в методах диагностики и лечения. Любопытство, которое рентгеновские лучи вызвали у ученых, породило другие открытия, среди них — открытие радиоактивности. Никто не думал, что у них может быть другое применение, пока в 1912 году немецкий физик Макс фон Лауэ (1879–1960) не выяснил, что когда лучи пересекают кристаллы сульфата меди, то дают характерные точки на фотографической пластинке. В следующем году британский физик Уильям Генри Брэгг (1862–1942) и его сын Уильям Лоренс (1890–1971) открыли, что длина волны икс-лучей (γ) связана с расстоянием, разделяющим ряды атомов в кристалле (d), и с углом, который образуют лучи с кристаллом (θ), математическим отношением, названным в их честь законом Брэгга: $n\gamma = 2d \cdot \sin \theta$. Открытия Брэггов и фон Лауэ снабдили ученых очень мощным инструментом анализа структуры веществ любого типа, что способствовало пониманию множества физических, химических и биологических процессов.



Производство катодных лучей.

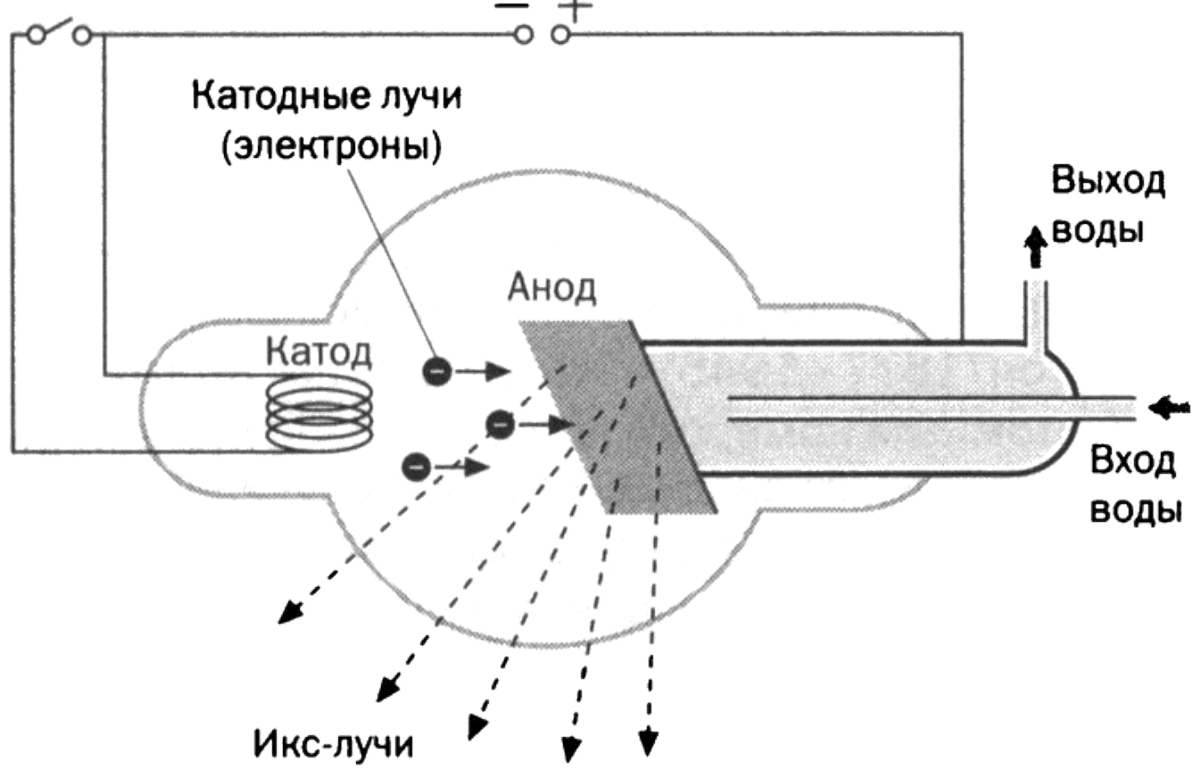
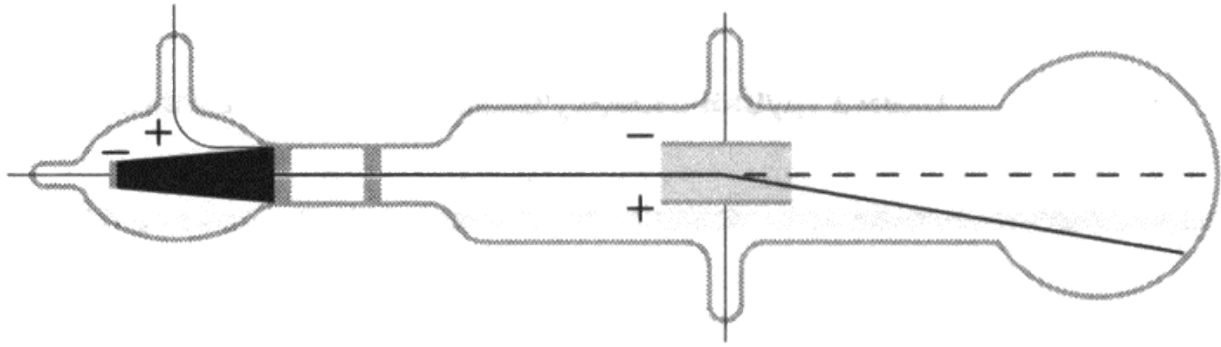


Схема трубки с x-лучами, охлаждаемой с помощью воды

КАТОДНЫЕ ЛУЧИ И ПУДИНГ

В 1897 году Джозеф Джон Томсон (1856–1940), директор лаборатории Кавендиша в Кембридже, доказал, что катодные лучи, производимые в трубках Крукса, были потоками частиц с отрицательным зарядом. Он изучал отклонения лучей в присутствии магнитных и электрических полей и из результатов сделал вывод, что масса частиц, которые их образуют, примерно в 1800 раз меньше, чем масса самого легкого известного атома — водорода. Кроме того, он заметил, что частицы общие для всех атомов, так что они должны быть их частью. В результате этого открытия оказалось, что модель атома Дальтона, согласно которой атомы неделимы, неверна. Томсон предложил новую модель атома, которую назвал «пудинг». Такое необычное название было очень подходящим, поскольку отсылало к предположению Томсона о том, что любой положительный заряд (и вместе с ним почти вся его масса) атома распределен равномерно, занимая весь объем (как *тесто пудинга*), а отрицательные заряды (электроны, то есть *изюминки*) размещены внутри. Естественно, речь шла об очень примитивном и далеком от реальности представлении, как мы знаем сегодня, но это было огромным шагом вперед к пониманию сложной природы атома. Томсон определил отношение заряд/масса частиц, которые образовывали катодные лучи, изучая, как они отклоняются электрическим и магнитным полями. Несколькими годами позже Томсон разработал технику химического анализа, масс-спектроскопию, с помощью которой его ученик Фрэнсис Уильям Астон (1877–1945) открыл изотопы, атомы с одинаковым числом протонов (атомным номером) ядра, но различным числом нейтронов, то есть другим массовым числом. Томсон получил Нобелевскую премию по физике в 1906 году за открытие того, что катодные лучи образованы частицами, названными электронами.



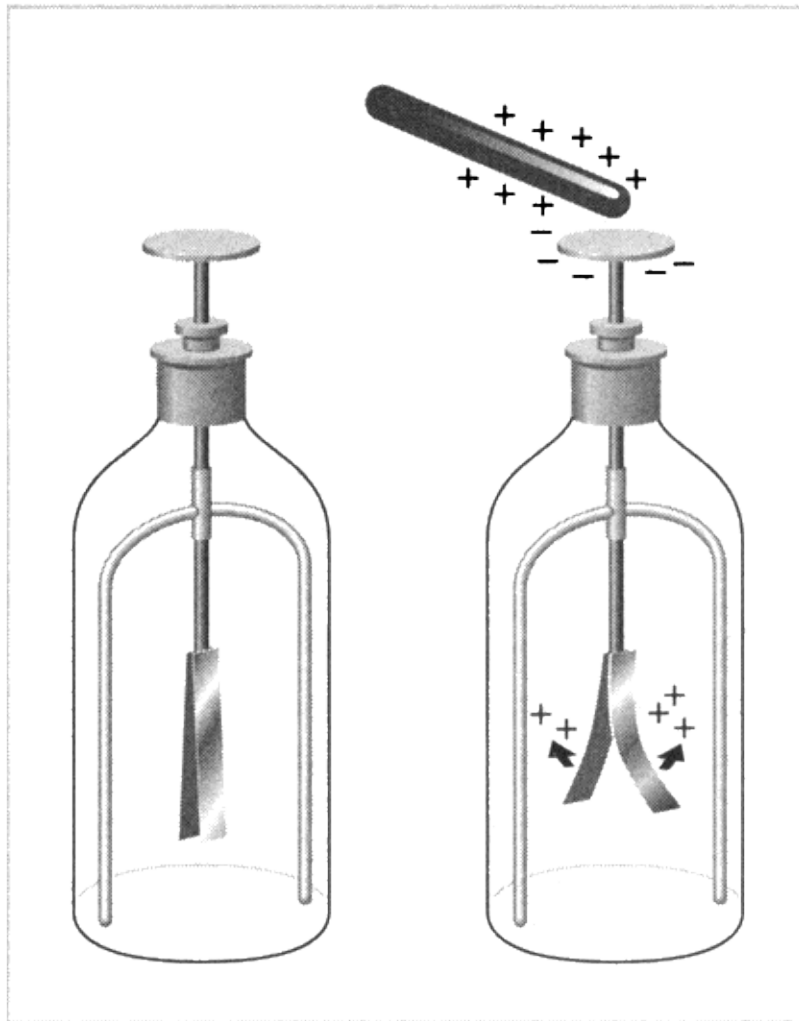
Катодные лучи (центральная линия) отклоняются из-за электрического поля (серый прямоугольник в центре).

БЕККЕРЕЛЬ И РАДИОАКТИВНОСТЬ

Анри Беккерель официально считается первооткрывателем радиоактивности, хотя он даже не дал ей названия — это сделала Мария — и на самом деле не открывал ее, поскольку это явление уже было обнаружено за несколько лет до него Ньепсом де Сен-Виктором (1805–1870), французским исследователем, который в промежутке между 1856 и 1861 годами опубликовал несколько работ по излучению урановых солей. Однако следует учитывать, что для науки нормально признавать первооткрывателем не того, кто первым заметил явление. Чтобы открытие было признано и одобрено как часть научного знания, оно должно быть не просто опубликовано в престижном журнале, но и достоверно определено и принято научным сообществом. Так, например, дедушка Анри открыл пьезоэлектричество за 60 лет до Пьера и Жака, но ни он, ни его современники не смогли объяснить это явление и не нашли ему применения, поэтому оно было забыто. Нечто похожее, должно быть, произошло с открытием Ньепса.

Продолжая работу отца и деда, Анри Беккерель изучал явления фосфоресценции, сосредоточившись на солях урана. Чтобы обнаружить их излучение, он пользовался фотографическими пластинками и солнцем в качестве источника света. Собираясь выступить в Академии наук в начале марта 1896 года, в конце февраля он приготовил соли урана на пластинке. Он использовал серебряную эмульсию, которую покрывал черной бумагой, чтобы она не засветилась под солнечным светом, а облучалась лишь лучами, испускаемыми солями. Но в среду 26 февраля и в четверг 27-го в Париже было пасмурно, и Беккерель хранил пластинку с солями в ящике. Несмотря на то что в следующие дни также не было солнца, исследователь решил проявить пластинку, столько дней пролежавшую без воздействия солнечного света. Ученый ожидал, что результат будет очень размытым. Однако оказалось, что оттиск на фотографической пластинке четкий. Он повторил эксперимент, чтобы подтвердить, что излучение имеет место без всякого осветительного процесса, который бы активизировал фосфоресценцию, и обнаружил: соли продолжают излучать, пролежав несколько дней в темноте. Беккерель представил результаты на следующем заседании Академии наук, к изумлению представителей европейских лабораторий. Исследователь тогда предположил, что это явление — фосфоресценция, но не обычная, которую до этого обнаруживали для солей

урана, а «невидимая и долгосрочная».



Беккерель повторил свои эксперименты с помощью прибора, который зафиксировал бы излучение с большей скоростью и точностью, чем это можно было сделать с помощью фотографической пластинки. Чтобы проверить, ионизируют ли лучи воздух, то есть высвобождают ли они заряд и делают его проводником, он решил применить электроскоп — прибор, использованный в первых исследованиях по электростатике. Этот прибор, показанный на рисунке, состоит из стержня-проводника с пластинками из золота на конце, который помещается в сосуд. Чтобы узнать, содержит ли тело электрический заряд, надо лишь дотронуться им до верхнего конца стержня. Если тело заряжено, то заряд проходит через него к золотым пластинкам, которые отталкиваются из-за одноименного заряда. Чем больше заряд, тем больше угол отклонения.

Беккерель выяснил, что заряженный электроскоп разряжается из-за действия урановых лучей. Это говорило о том, что они ионизируют

(заряжают) среду (воздух), в которой распространяются. Однако попытка количественно оценить излучение оказалась неудачной: удалось лишь установить связь между углом отклонения пластинки из золота от главной оси электроскопа и временем излучения. Но результаты не были воспроизводимыми, поскольку изменение угла было величиной, которая не предполагала точного измерения.

Далее он выяснил, что соли урана в растворе также дают излучение, а это означало, что оно не является исключительным свойством твердых тел. Хотя Беккерель настаивал на том, чтобы назвать новое явление «невидимой фосфоресценцией» (три семейных поколения, занимавшихся фосфоресценцией, должно быть, оказывали свое влияние), каждый раз было все более очевидно, что оно совсем не связано с тем, что изучали его отец и дед. На самом деле у них было больше схожести с рентгеновскими лучами, поэтому Беккерель решил проверить, подвержены ли урановые лучи, по аналогии с рентгеновскими, явлению рассеивания (изменению направления распространения при столкновении с препятствиями на своем пути) и поглощаются ли они различными веществами. Ученый заметил, что их поведение не похоже на поведение рентгеновских лучей (сегодня мы знаем, что «урановые лучи» включают в себя различные типы излучения, одно из которых похоже на рентгеновское, а другие нет; сложность урановых лучей была неизвестна Беккерелю).

Ученый также исследовал вопрос о том, что отвечает за излучение: химический элемент уран или одно из его соединений. Он заметил, что явление проявляется как у солей желтого цвета, для которых характерна фосфоресценция и в которых степень окисления урана +6 (то есть он потерял 6 электронов из оболочки), так и у зеленых солей со степенью окисления +4, для которых фосфоресценция нехарактерна. Затем Беккерель измерил излучение чистого урана, пользуясь фотографическим методом, с которого он начал свои исследования, и выяснил, что оно наиболее интенсивное из всех анализируемых. Это подтвердило то, что речь идет об атомном явлении, связанном с элементом — ураном.

В 1897 году Беккерель был избран ежегодным президентом Физического общества, что сопровождалось бюрократической и отчетной работой, поэтому он не продолжал свои эксперименты в этой области. Он сделал лишь один доклад, в котором резюмировал результаты своей работы, и объявил о разрядении электроскопа урановыми лучами. После этого Беккерель вернулся на знакомую территорию, к изучению «классической» фосфоресценции, оставив теорию урановых лучей в зачаточном состоянии.

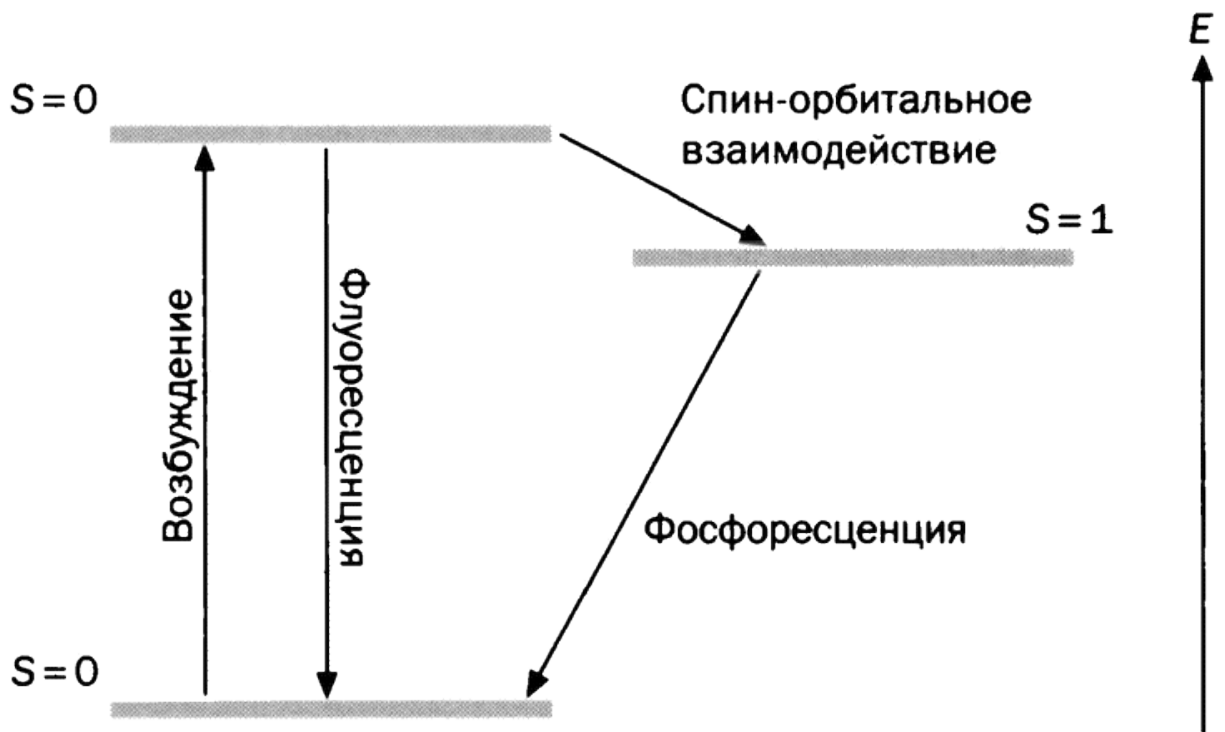
Мы уже рассмотрели причины, из-за которых лучи, открытые Беккерелем, были забыты. Возможно, когда их сравнили с рентгеновскими и выяснили, что они дают намного менее четкий рисунок, они оказались не очень интересными. С другой стороны, их было не так просто получить, поскольку вместо вакуумных трубок и генераторов, необходимых для получения рентгеновских лучей, нужно было иметь соединения урана, которые были доступны не во всех лабораториях. Но самым главным фактором, вызвавшим прекращение их изучения, оказалось то, что это явление было выше понимания ученых того времени, и сколько бы экспериментов ни ставил Беккерель, он не мог ответить на самые простые вопросы о природе наблюдаемых лучей. Первый из них был связан с источником энергии процесса: поскольку не было необходимости в облучении, что же вызывало урановые лучи и откуда происходила их энергия? Было похоже, что она неистощима, поэтому само существование подобного явления, казалось, нарушает принцип сохранения энергии.

* * *

ФОСФОРЕСЦЕНЦИЯ: ОТ НАУТИЛУСА ДО ЛАБОРАТОРИИ

Хотя истории моряков, которые видели ночное свечение моря, известны с древности, именно Жюль Верн впервые написал об этом — в романе «Двадцать тысяч лье под водой». Герой произведения, капитан «Наутилуса» Немо, объяснял явление «молочного моря» присутствием миллионов инфузорий, маленьких морских микроорганизмов, которые светятся в темноте. Роман был опубликован в 1870 году, но это явление привлекло внимание Антуана Беккереля задолго до этого, в начале XIX века. Ученый заметил, что многие минералы обладают способностью светиться в темноте, и завещал своему сыну изучить это явление. Его внук, который продолжил семейные исследования, в конце концов открыл радиоактивность фосфоресцирующих соединений урана, которые испускают свет в темноте, — явление, получившее название «люминесценция». В зависимости от факторов, которые ее порождают, говорят о фотолюминесценции, когда причиной испускания света является внешнее воздействие света, хотя и с другой длиной волны, о

хемилюминесценции, когда причиной является химическая реакция, и о биолюминесценции, когда свет испускается живыми организмами. В свою очередь, фотолюминесценция может быть флуоресценцией, когда испускание света одновременно световому излучению, которое ее порождает (не абсолютно одновременно, но промежуток времени между процессами очень короткий, порядка 10 наносекунд, $0,00000001 = 10 \times 10^{-9}$ секунд), или фосфоресценцией, когда оно происходит позже (или, точнее, когда промежуток времени между облучением и началом свечения больше 10 наносекунд, а может достигать до нескольких часов). Причина задержки в испускании света при фосфоресценции происходит из-за перекрещивания электронных состояний с различной мультиплетностью. Это приводит к уменьшению вероятности того, что произойдет переход. Такие процессы, которые описываются вероятностным формализмом квантовой физики, были частью необъяснимой феноменологии для физики конца XIX века. С другой стороны, следует сказать, что ни одно из явлений люминесценции никак не связано с радиоактивностью, являющейся спонтанным явлением, у которого нет никакого предварительного источника возбуждения светового, химического или животного происхождения.



Схема, показывающая разницу между флуоресценцией и фосфоресценцией (где S — мультиплетность, а E — энергия).

Глава 2.

ПОЛОНИЙ И РАДИЙ

Мария решила изучать самые непонятные из лучей, открытых в конце XIX века, — урановые лучи. Не имея ни лаборатории, ни средств, но обладая знаниями химии и пьезоэлектрическими кварцевыми весами, изобретенными Пьером, она оригинальным образом подошла к исследованию и с помощью своего мужа открыла два новых элемента, которые назвала «полоний» — в честь своей родной страны — и «радий».

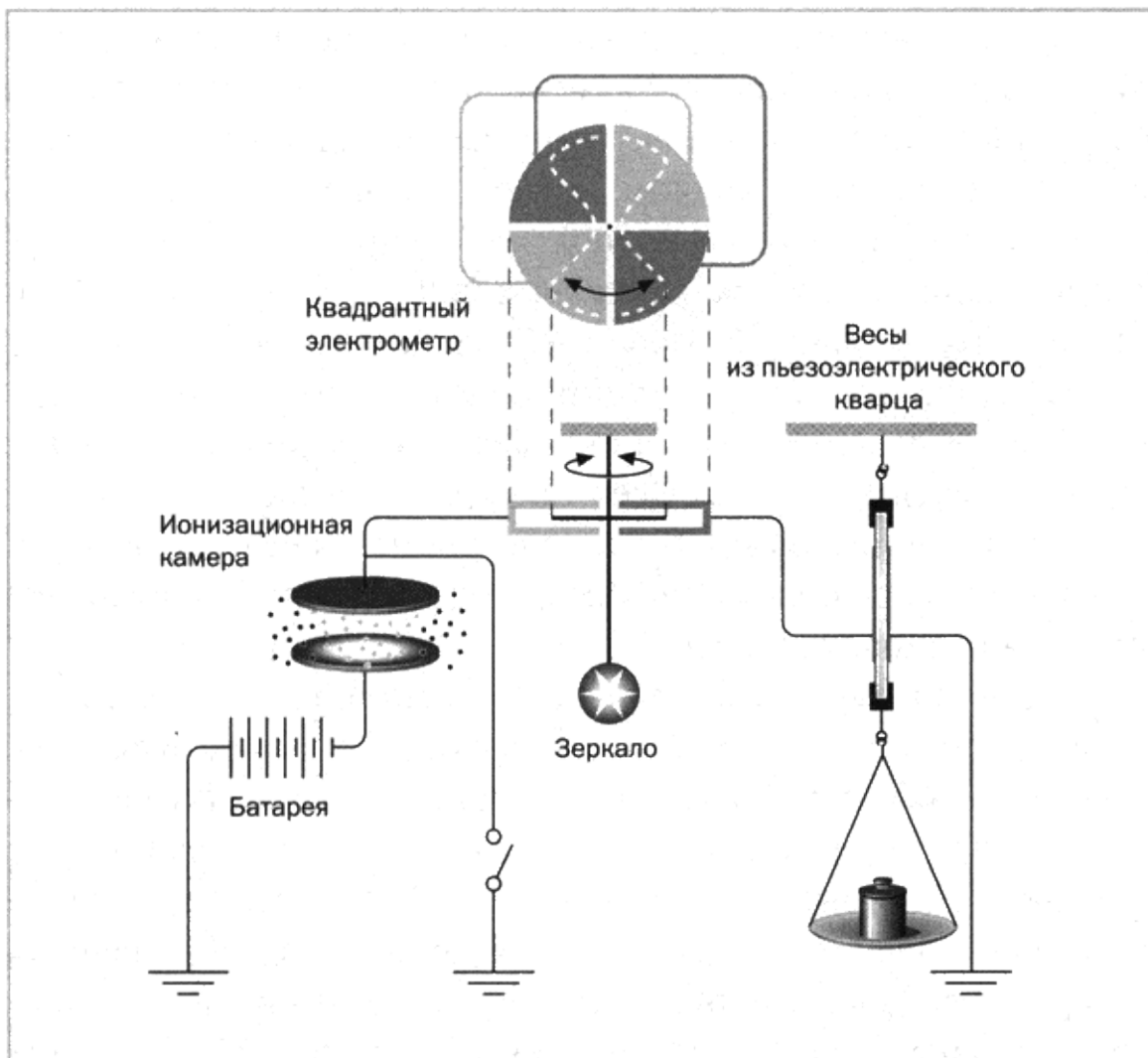
Когда казалось, что все уже забыли об урановых лучах, ими заинтересовалась молодая полька, получившая образование в области физики и математики в Сорбонне, которая недавно родила дочь и была замужем за непризнанным ученым. И там, где потерпел поражение физический подход Беккереля, победил химический подход Марии. Однако история не была такой простой. Нет сомнений в том, что главный успех Марии состоял в установлении эффективного способа выделения новых химических элементов. Но чтобы дойти до их открытия, ей пришлось сделать бесконечное количество «физических» измерений электрического заряда, производимого лучами, что также пытался сделать Беккерель, хотя и безуспешно. То есть дело не в том, что химия победила там, где потерпела поражение физика, а в том, что победили творческий гений и упорство Марии. Также определяющим был ее подход к изучению явления, свободный от предрассудков, которые могли бы сбить с пути, если бы она занималась унаследованной от родителей темой исследования, как в случае с Беккерелем. И, возможно, наибольшее значение имела энергия молодости Марии, у которой все было впереди.

Вначале Мария не задалась вопросом о природе явления, а лишь попыталась ответить на, казалось бы, очень простые вопросы: какова интенсивность урановых лучей? какие вещества их производят? Ее большим успехом было то, что она нашла правильные ответы на оба эти вопроса. Для этого ей потребовались огромная смелость, железная рабочая дисциплина и немного удачи. Не стоит забывать, что она осуществила всю эту работу только на энтузиазме, поскольку не получила за нее никакой компенсации.

Первое, что нужно было сделать супружеской паре Кюри после выбора цели исследования, — найти место, где Мария могла бы работать. Шарль Гариель, новый директор Школы промышленной физики и химии, позволил Марии работать в здании школы, несмотря на то что исследовательница не была профессионально связана с ней. Было решено, что для своих экспериментов она будет пользоваться исключительно застекленным деревянным сараем, который до этого служил складом и машинным отделением. Там не было отопления кроме старой плиты, которая наполняла все сажей, так что сарай был холодильником зимой и духовкой летом. Поскольку среди оборудования не было вытяжки или механизмов подачи воздуха, химические опыты, требующие вентиляции, приходилось проводить в прилегающем дворе. Мария и Пьер не могли надеяться на что-то лучшее, но у них было самое необходимое для развития их проекта — твердое решение осуществить его.

СКОЛЬКО?

Еще до начала изучения урановых лучей Мария уже решила, что оттиски на фотографических пленках были неточным методом анализа, а она хотела измерить интенсивность лучей и сравнить количество излучения, испускаемого различными веществами. Она знала: Беккерель установил, что у лучей есть способность ионизировать воздух (то есть превращать его в проводник электричества), поэтому если найти достаточно чувствительное устройство для измерения небольшого электрического тока в ионизированном воздухе, можно оценить лучи количественно.

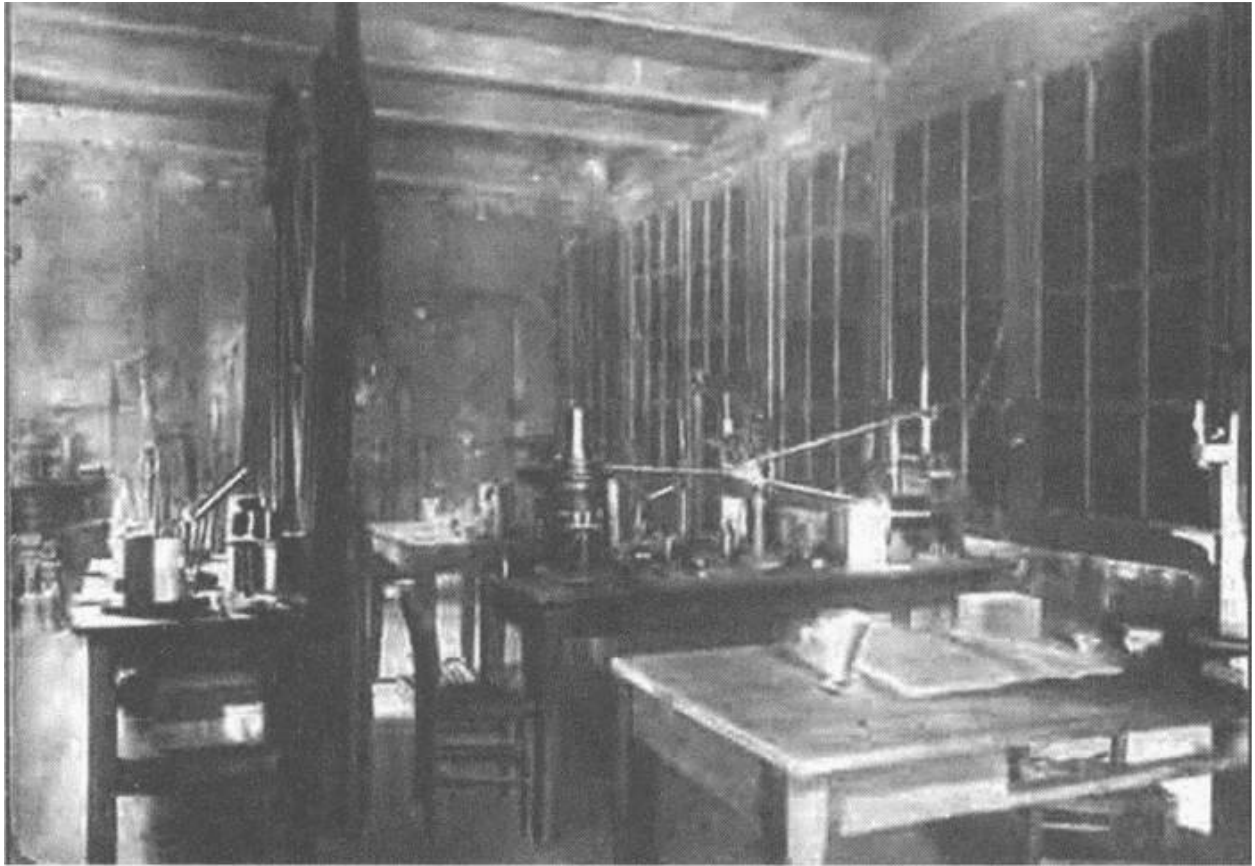


Задача была сложной, поскольку токи были чрезвычайно малы, из-за чего Мария искала более точные приборы, чем электрометр,

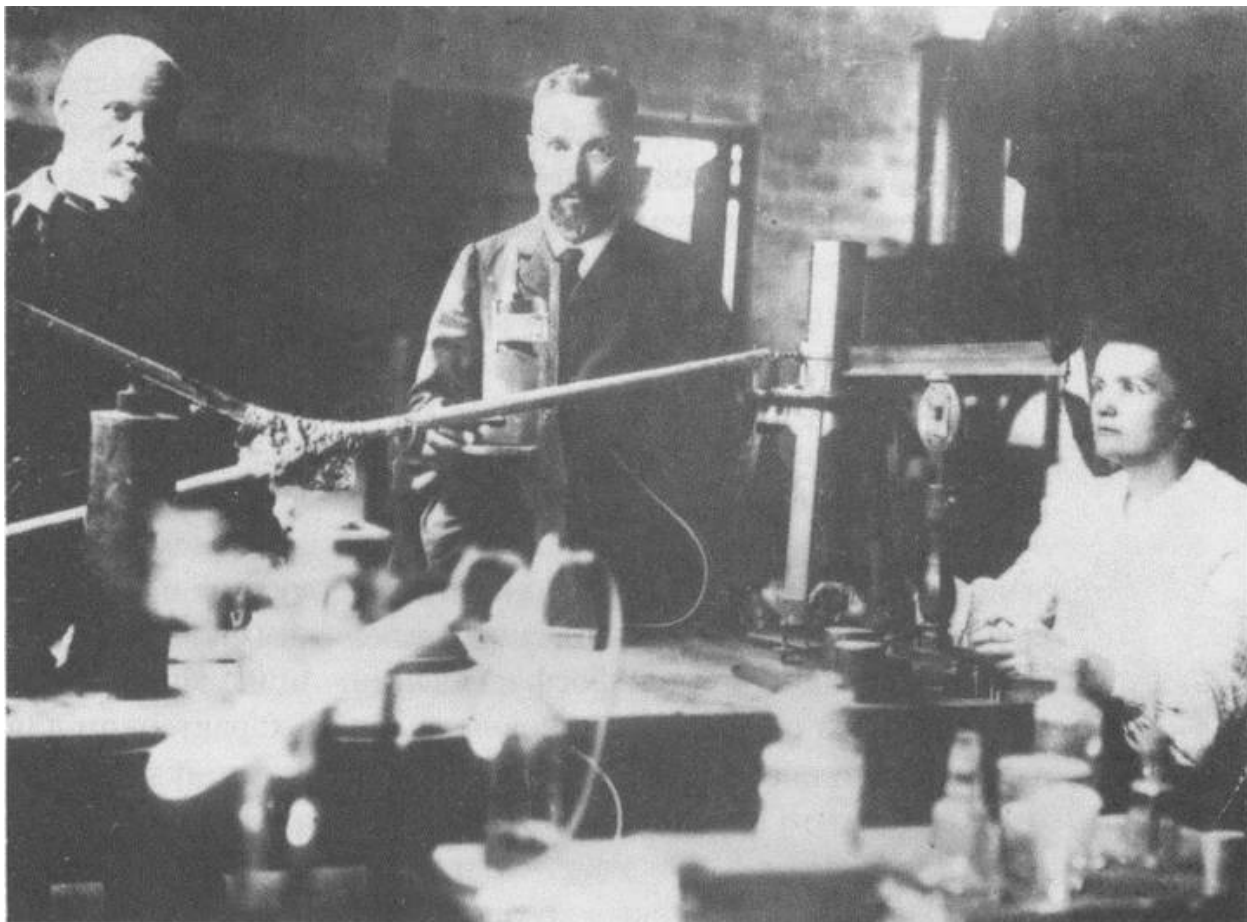
использованный Беккерелем. Однако в ее распоряжении были весы из пьезоэлектрического кварца, сконструированные Пьером и его братом Жаком, которые основывались на пьезоэлектрическом эффекте, открытом ими в 1880 году. Мария с помощью Пьера придумала и сконструировала прибор, состоящий из этих весов, квадрантного электрометра и ионизационной камеры, подсоединенной к батарее. Схема устройства показана на рисунке.

Радиоактивное вещество помещалось в ионизационную камеру, где испускаемые им лучи ионизировали воздух, затем ионы перемещались, притягиваемые к полюсам батареи, которая была подсоединена к камере, и генерировали в ней ток. Это отклоняло стрелку электрометра. Мария компенсировала заряд электрометра зарядом, который давал пьезоэлектрический кварц при деформации под весом гирек на весах. Активность каждого вещества определялась измерением с помощью хронометра времени, которое требовалось для осуществления «насыщения», то есть ситуации, когда по воздуху не передавался заряд. Марии приходилось часами определять время, которое необходимо каждому веществу для насыщения, добавляя или убирая гирьки, пока стрелка электрометра не возвращалась в свое начальное положение. Можно сказать, что Мария «взвешивала» радиоактивность.

Эта процедура была довольно сложной, хотя Мария и говорила, что делала все автоматически. Как рассказывала ее внучка Элен Ланжевен-Жолио, в конце XX века никто в лаборатории Кюри не умел пользоваться прибором, созданным ее бабушкой (который сейчас находится в Музее Кюри). Однако с помощью первого экземпляра, собранного из выброшенных материалов, Мария провела тысячи измерений интенсивности урановых лучей. Фотографии, на которых Мария сидит за столом в лаборатории и смотрит через маленький визир, демонстрируют использование этого прибора. С его помощью она выяснила, какие вещества испускают урановые лучи, и измерила с высокой точностью их интенсивность, зафиксировав чрезвычайно маленькие токи, до десяти триллионных ампера ($0,00000000001 \text{ A} = 10^{-11} \text{ A}$). Чтобы понять идею слабости таких токов, вспомним, например, что маломощные электробытовые приборы, такие как электробритва, работают при силе тока в 0,5–1 ампер.



Внутри лаборатории Школы промышленной физики и химии, где Мария занималась своей диссертацией.



Мария за электрометром и Пьер с Гюставом Бемоном в лаборатории Школы.

КАКИЕ ВЕЩЕСТВА?

Наладив и проверив точность инструмента для количественного измерения радиоактивности, Мария занялась определением веществ, которые испускали урановые лучи, поскольку, как она заметила в своей докторской диссертации, «очень маловероятно, чтобы радиоактивность как атомное свойство была характерна для единственного типа веществ, абсолютно не затрагивая остальных».

Мария начала измерять все известные тогда чистые элементы (как металлы, так и неметаллы), а также сплавы, которые были в лаборатории Школы промышленной физики и химии. Одним из первых элементов был фосфор, от которого происходит название явления «фосфоресценция», вызвавшего интерес Антуана Беккереля. Мария также измерила чистый уран, а затем все минералы Музея естественной истории Франции, которые предоставил ей геолог Альфред Лакруа, отвечавший за коллекцию. Это была одна из самых гениальных догадок в ее работе: не ограничиваясь изучением чистых соединений, синтезированных в лаборатории, химический состав которых известен очень точно, ей удалось открыть новые радиоактивные тела.

Первым удивительным результатом, полученным Марией, было то, что лучи Беккереля не были исключительным свойством урана и его солей, но им обладал другой элемент, торий. Следовательно, эти лучи не могли больше называться урановыми: может быть, их следовало называть ураноториевыми? Тогда Мария послала отчет с первыми выводами во Французскую академию наук, который от ее имени был представлен профессором Липпманом 12 апреля 1898 года.

Другой важный факт, который заметила Мария и который подтверждал наблюдения Беккереля, состоял в том, что лучи были свойством, присущим определенному элементу, вне зависимости от температуры, чистоты его состава и наличия внешнего облучения. Речь шла не о химическом свойстве определенного вещества (как фосфоресценция, присущая многим минералам), а о совершенно новом явлении, характерном для атома. Поскольку она делала точную количественную оценку, то заметила, что интенсивность лучей пропорциональна количеству урана, присутствующего в образцах, следовательно, наибольшую активность проявляли образцы чистого урана.

НЕУЛОВИМЫЙ ПОЛОНИЙ

Однако самого интересного результата, который получила Мария, не было в ее первом отчете. Она описала его впервые в дневнике лаборатории 17 февраля 1898 года: два урановых минерала, которые она изучала, халькоцит и настуран, были в три или четыре раза активнее чистого урана. Эти результаты противоречили предыдущему выводу о том, что активность пропорциональна количеству урана. Она повторила эксперименты и проверила работу и точность измерительных приборов, выяснив, что все в порядке. Тогда она синтезировала основные компоненты халькоцита, сульфат меди и уранил, из химически чистых соединений и измерила его активность: она была такой, как и следовало ожидать, исходя из содержания урана. Это означало, что излишняя активность настурана, должно быть, имеет другую причину, нечто новое и неизвестное, присутствовавшее в минерале, но не в соединении, которое синтезировала Мария. После получения этого результата у нее появился исключительный помощник, как она сама вспоминала в своих «Автобиографических заметках»:

«Когда я формулировала гипотезу о причинах этого, мне пришло в голову только одно объяснение: должно быть, в этих минералах содержится какое-то неизвестное очень активное вещество. Мой муж согласился, так что я убедила его искать это гипотетическое вещество вместе, поскольку если сложить усилия, можно было получить результаты раньше».

* * *

ДНЕВНИКИ ОТКРЫТИЯ

$Cr + Ca^{2+} = 14,174,05$
 $id + Ra^{2+} = 14,057,3$ $2cd = 9109,25$

 $Cr + Ag^{2+} = 10,314,65$ $Ag^{2+} = 9106,97$
 $Cr + Ag^{2+} = 10,428,12$

$\frac{7.39270}{7.22723} = \frac{0.10925}{0.02830}$ $\frac{11697}{02723}$
 $\frac{7.41993}{7.41993} = \frac{0.02830}{0.02830}$

$\frac{7.91882}{7.41993} = \frac{1.25203}{0.49889}$
 $\frac{0.49889}{0.49889} = 3.154$ $\frac{2.54892}{2.54892}$

Re = 113.3

AgCl réduit avec Zn et HCl, dans
 le creuset, pour
 $Cr + argent = \frac{10.3942}{10.31461}$
 $Ag = \frac{0.07953}{0.02830}$
 $AgCl = 0.10569$

Différence avec AgCl dans précipité
 0.0083 m
 g est en un peu de Ag non adhérent au creuset?

Несмотря на их простоту, изучение так называемых «дневников открытия» очень интересно. Одну из лучших расшифровок сделала дочь Марии, Ирен, которая прекрасно понимала записи своей матери, поскольку они много лет работали вместе в лаборатории.

Дневники являются неопровержимым доказательством опасности лаборатории, в которой трудились супруги Кюри: они до сих пор настолько радиоактивны, что с ними нельзя работать без защиты. Еще одна вещь, которая становится понятной из их изучения, — это то, что Мария и Пьер работали в команде, так что в их самое плодотворное время нельзя сказать, какие

эксперименты ставил один, а какие — другой; они оба делали все, работали как один человек с двумя головами и четырьмя руками. На иллюстрации можно увидеть одну страницу из лабораторных дневников четы Кюри, датированную 22 апреля

1902 года; в верхней части, написанной Пьером, показано измерение атомной массы радия = 223,3 (в итоге они предложили значение 225), в то время как в нижней части появляются заметки Марии, в которых указана масса хлорида серебра, полученная с помощью осаждения хлорида. На основе этих данных и была определена атомная масса радия исходя из формулы RaCl_2 .

* * *

Хотя Пьер обсуждал с Марией все результаты, которые она получала, и, должно быть, играл важную роль в проектировании и конструировании измерительного прибора, до этого момента он вел собственные исследования симметрии. Однако 18 февраля он начал вносить свои записи в лабораторный дневник Марии: он решил оставить свои исследования, чтобы полностью посвятить себя работе с женой.

Чтобы определить причины необычайной активности, им пришлось работать с настураном по-другому, поскольку вместо того чтобы искать уран, они искали новые вещества, о которых не знали ничего, кроме признаков их существования на основе испускаемых лучей. Настуран — естественный минерал, который, кроме оксидов урана, главных компонентов, содержит в небольших количествах другие вещества, всего 30 различных химических элементов. Чтобы провести химический анализ настурана, супруги попросили помощи у Гюстава Бемона, преподавателя, отвечающего за лабораторию Школы промышленной физики и химии. Бемон, должно быть, научил их применению классического метода определения и разделения катионов с помощью качественного анализа мокрым путем, который использовался в европейских лабораториях и был разработан немецким химиком Карлом Фрезениусом за 60 лет до этого.

Итак, Мария и Пьер применили химический метод разделения катионов с помощью последовательного осаждения сульфатов, сульфидов, гидроксидов и хлоридов. Но они сочетали его с новым физическим методом измерения интенсивности испускаемых лучей для каждой части. На основе настурана, предоставленного лабораторией Школы, который был

в три раза активнее урана, они получили вещество в 17 раз активнее. Повторяя цикл химического отделения для частей, испускающих лучи, они в конце концов получили вещество, активность которого была в 400 раз выше активности урана.

На основе этих результатов Кюри выдвинули свою самую смелую гипотезу. Она была изложена в докладе Французской академии наук, 18 июля 1898 года прочитанном Анри Беккерелем, поскольку ни Мария, ни Пьер не были ее членами. В заголовке появилось новое слово, придуманное Марией, *радиоактивность*, слово с латинским корнем, означающее «испускание лучей». В своем докладе супруги утверждали: из чрезвычайной активности, проявленной халькоцитом и настураном, можно сделать вывод, что в этих соединениях содержится новый элемент, намного более активный, чем уран, для которого они предложили название *полоний* «в память о родине одного из них».

Но вещество, активность которого была в 400 раз выше активности урана, еще не было этим новым элементом или его чистой солью; в нем также содержалось большое количество висмута, химического элемента группы азота, свойства которого были очень схожими со свойствами нового элемента. Поэтому Мария с Пьером предположили: полоний находится в той же группе периодической таблицы, что и висмут. Но в отличие от так похожего на него нового элемента, висмут не был радиоактивным. Именно это было отличительным свойством, на котором супруги Кюри основывали предположение о существовании полония.

Группа →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Период																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
Лантаноиды																		
Актиноиды																		

Периодическая таблица элементов, в которой показаны радий в группе 2, полоний в группе 16 и уран и актиний в актиноидах.

РАДИЙ: БЕСКОНЕЧНЫЕ ПОИСКИ

После этого блестящего открытия Мария и Пьер уехали в отпуск и не возвращались к работе с настуром до ноября 1898 года. К своему удивлению, они обнаружили, что есть некое радиоактивное вещество, химические свойства которого полностью отличаются от свойств полония, хотя их объединяет то, что они оба намного активнее урана. Это можно было объяснить только существованием другого нового элемента, который, должно быть, также содержится в очень маленьких количествах, поскольку предыдущий анализ настурана не выявил его. Однако его свойства были намного больше похожи на свойства бария, одного из щелочноземельных металлов периодической таблицы. Чтобы выделить этот новый элемент, они воспользовались процедурой, сходной с той, что они применяли для выделения полония, которая состояла в растворении твердого тела с помощью кислот и осаждении различных солей. После каждого этапа измерялась радиоактивность полученных частей, чтобы проследить за искомым элементом. Так супруги Кюри получили смесь хлоридов бария и нового элемента, который был в 900 раз активнее урана.

Чтобы получить еще одно подтверждение его существования и помощь в определении, исследователи послали несколько образцов физику Эжену Демарсе, который зарегистрировал спектр их излучения и начал искать линии, не приписываемые ни одному из известных элементов. Демарсе заметил новые линии в ультрафиолетовой зоне, и их интенсивность увеличивалась по мере увеличения радиоактивности вещества, поэтому он приписал их новому элементу. Мария и Пьер Кюри вместе с Гюставом Бемоном отправили новое сообщение во Французскую академию наук 19 декабря 1898 года, в котором они назвали новый элемент радием.

Новое радиоактивное вещество все еще имеет значительное содержание бария; несмотря на это, его радиоактивность значительна. Должно быть, радиоактивность чистого радия огромна.

Сорайя Будиа, «Мария Кюри и ее лаборатория»

В интервью, которое Бемон дал через 20 лет, он был все еще под впечатлением от учтивости Пьера, который сделал его соавтором открытия радия. Он рассказывал, что чувствовал себя очень гордым, но не думал, что заслуживает этого, поскольку не играл активной роли в открытии. Бемон утверждал, что он просто оказал услугу коллеге, посоветовав ему конструкцию и применение методов химической сепарации. Это интервью противоречит теориям некоторых историков науки, в особенности американцу Лоуренсу Бадашу, самому признанному эксперту в истории радиоактивности, который не верил в способность Марии осуществить метод химической сепарации и приписывал Бемону заслуги в этой значительной части диссертации исследовательницы.

Но независимо от того, какую помощь Бемон мог оказать Марии, верно то, что они не придумали ничего нового в химии, поскольку метод Фрезениуса уже был давно известен. Также была известна способность солей урана ионизировать воздух, как и работа электрометров и пьезоэлектричества. Но именно Мария применила все это для открытия нового явления, и именно ей удалось убедить мир в значимости этого открытия.

Мария начала работу над своей докторской диссертацией за год до этого и уже осмелилась предположить существование двух новых химических элементов. Ее научная дерзость была такой, что она сделала эти предположения, основываясь на беспрецедентном факте: она рассматривала *радиоактивность* этих элементов как главное доказательство их существования. Следует помнить, что это явление открыл Беккерель лишь пару лет назад, но имя ему дала уже Мария. Сам факт использования радиоактивности был вызван тем, что в то время Мария и Пьер не могли привести доказательств своему открытию, которых требовали химические общества. Эти доказательства состояли в определении новых линий спектра излучения, вычислении атомной массы и предоставлении небольшого количества чистого элемента. Супруги Кюри могли предоставить только одно из доказательств: спектр радия.

На самом деле у Марии были другие свидетельства: она применила радиохимический метод, то есть измерила специфическое излучение радиоактивного элемента. Этот метод сегодня применяется, чтобы понять физико-химические или биологические процессы в таких далеких друг от друга областях, как химическая кинетика, археология (для датирования с помощью анализа углерода-14) или геология, и дает результаты, недостижимые с помощью любого другого метода. Многих из этих наук не существовало, когда Мария изобрела свой метод, но она догадалась, что

открыла область, в которой появятся новые инструменты анализа. В своей диссертации она гордо констатировала, что метод, использованный для обнаружения новых элементов, был в тысячи раз более чувствительным, чем спектроскопия, с помощью которой подтвердилось существование радия.

Предположив его существование, Мария занялась попытками выделить новые чистые элементы, что предполагало намного большую работу, чем она представляла себе в начале, поскольку они содержались в настуране в чрезвычайно малых количествах. Позже она выяснила, что их пропорция меньше одной десятиmillionной доли. Хотя супруги Кюри еще не знали об этом, было очевидно, что им потребуется огромное количество минерала, содержащего этот элемент.

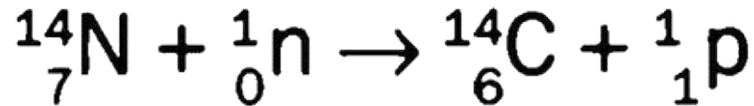
С тех пор как Мария и Пьер догадались о существовании двух новых элементов с уникальными свойствами, они начали искать источники настурана, основной урановой руды, содержащей их. Главные европейские залежи этого минерала находились в шахтах Йоахимсталя в Богемии, которая тогда входила в состав Австро-Венгерской империи (сегодня под названием Яхимов он входит в состав Чешской Республики). В этих шахтах добывали урановые соли, которые применялись в Европе для окраски стекла. Но покупка того количества чистого минерала, которое было нужно Кюри, была им не по карману. Мария не получала денежного вознаграждения за свою исследовательскую работу. Но было одно счастливое событие, которое вывело супругов из тупика, в котором они оказались из-за отсутствия средств. Обработав настуран, который Мария получила в лаборатории Школы, она пришла к выводу, что отходы минерала, которые оставались после изъятия урана, должны содержать весь радий и значительную часть полония, присутствующего в этом минерале. К счастью для Марии и Пьера, эти отходы не имели коммерческой ценности и тоннами сбрасывались в окрестностях шахты.

* * *

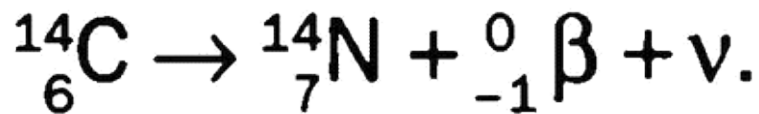
ДАТИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА УГЛЕРОДА-14

Изотопы углерода с массовым числом 12 и 13 наиболее распространены и не подвержены процессам радиоактивного распада (это понятие будет детально проанализировано в

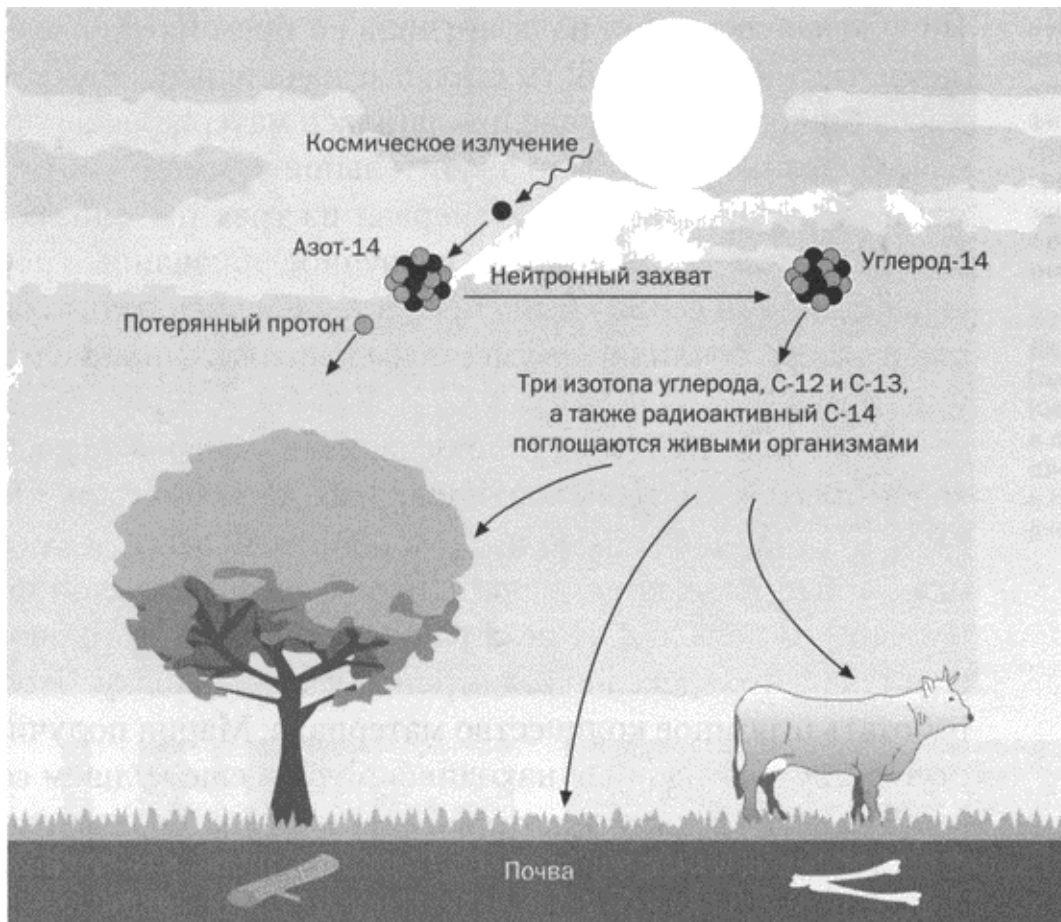
следующей главе). Есть еще один изотоп, куда более редкий, углерод-14 (^{14}C), природная распространенность которого равна 0,00000000012%. Он образуется в процессе столкновения вторичных нейтронов космических лучей с атмосферным азотом



и подвергается процессу спонтанного распада, испуская β -частицу и антинейтрино (необнаружимое во всех отношениях):



Поскольку реакции образования и распада происходят непрерывно, существует равновесие, проявляющееся в том, что пропорция ^{14}C в атмосфере приблизительно постоянна. Растения получают ^{14}C из CO_2 в атмосфере через фотосинтез, затем он переходит к травоядным животным, а от них — к хищникам. Поэтому во всех живых существах поддерживается постоянная пропорция ^{14}C . Пока животное или растение живет, происходит около 15,3 распада в минуту на грамм углерода. После смерти ^{14}C продолжает распадаться, всегда с одной и той же скоростью, уменьшая свою пропорцию относительно общего содержания углерода. Через тысячи лет, измерив пропорцию ^{14}C , можно узнать, когда умерло животное или растение. Например, измерив количество углерода-14, содержащегося в египетской мумии, можно определить, когда умер мумифицированный человек. Период полураспада ^{14}C — приблизительно 5700 лет, поэтому он используется при работе с древними органическими объектами, возраст которых достигает 50 000 лет. Недостаточно древние относительно периода полураспада ^{14}C объекты не имеют заметного уменьшения начальной концентрации, в то время как объекты, древность которых выше десяти периодов полураспада, содержат слишком низкую пропорцию, что в обоих случаях выливается в большую погрешность.

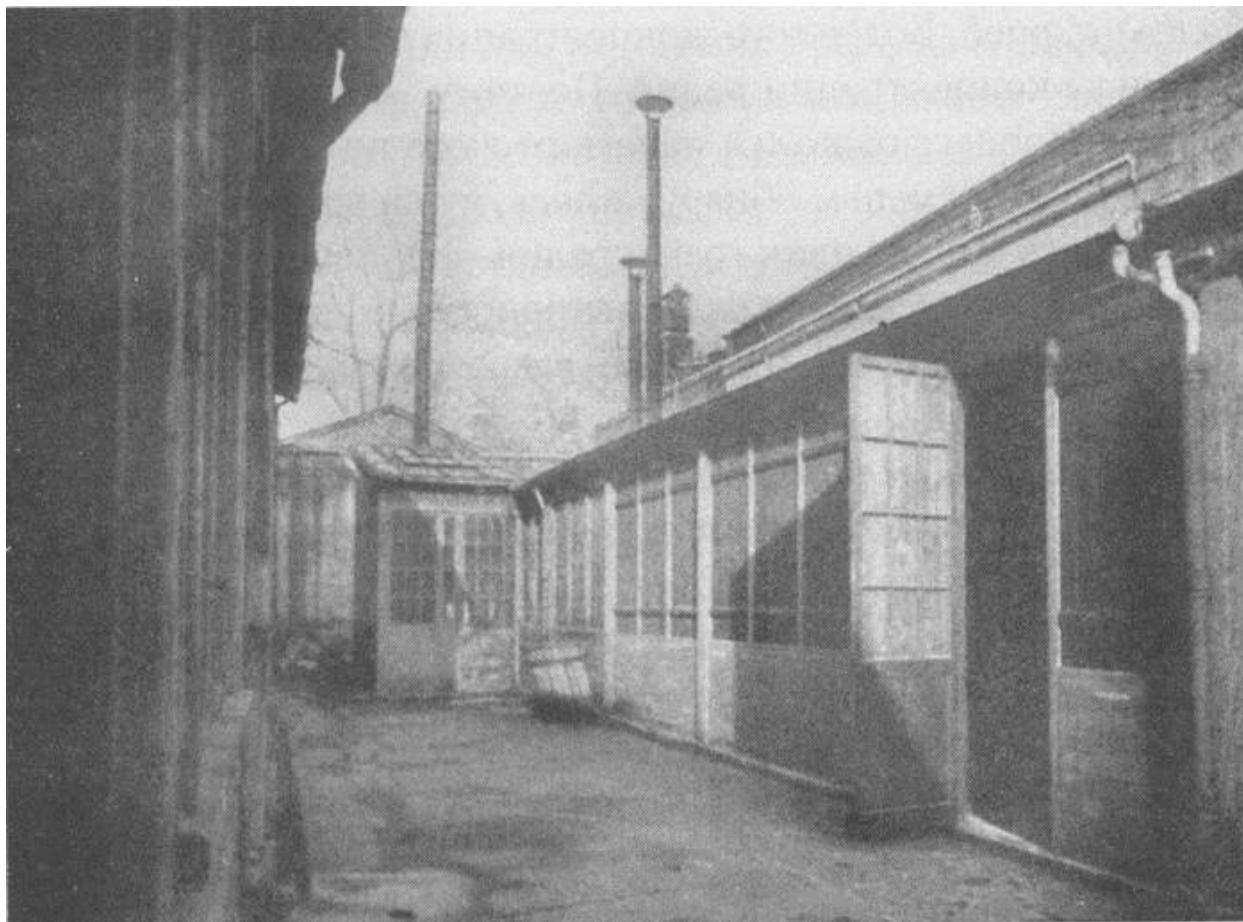


Воспользовавшись контактами во Французской академии наук, они обратились в Венскую академию и смогли получить первые 5 кг таких отходов, на которых они проверили свою гипотезу. Позже им прислали еще 100 кг. Однако из-за крайне низкой концентрации полония и радия в минерале полученного количества было абсолютно недостаточно для выделения новых элементов. Им нужны были тонны отходов, что ставило новую экономическую проблему. Хотя материал ничего не стоил, супругам

Кюри нужно было платить за транспортировку.

Марии пришлось еще больше сократить семейный бюджет, но в середине 1898 года она получила неожиданный доход: Парижская академия наук вручила ей премию Женье за изучение магнитных свойств сталей и начальные работы по радиоактивности. К награде прилагалась материальная дотация в 3800 франков, что было значительной суммой для того времени. Хотя премия Женье (первая из трех премий, которые были вручены Марии, и первое научное признание в последующей длинной серии) была предоставлена исключительно ей, члены жюри сочли более уместным направить письмо о вручении ее мужу.

В октябре 1898 года Мария записала в своей тетради расходов платежи за транспортировку из Йоахимсталя. Первый груз — куча мешков, полных коричневой пыли и сосновых игл, — был сложен во дворе Школы промышленной физики и химии. В начале XXI века радиоактивность этого двора все еще такая, что здесь нельзя строить даже парковку. Чтобы обработать огромное количество материала, Мария получила доступ к другому зданию, находившемуся в еще худшем состоянии, чем мастерская, в которой она провела первые эксперименты своей диссертации, — что-то вроде ангара, где когда-то был анатомический театр.



Сарай, прилегающий к лаборатории Школы промышленной физики и химии, где Мария проводила эксперименты с радиоактивностью.





Две фотографии Пьера и Марии Кюри — в лаборатории Школы и позирующих для фотографа.

ГРАНДИОЗНАЯ РАБОТА

Хотя в их изначальные планы входило выделить оба элемента, после многих усилий им пришлось оставить полоний и заняться только радием. На основе предыдущих экспериментов супруги Кюри пришли к выводу о том, что его химические свойства проще, так что его легче выделить. Но был еще один дополнительный фактор, который превращал полоний в неуловимый элемент. Кроме того, что он был в крайней низкой концентрации, казалось, что он исчезает, испаряется. Как стало известно спустя много времени, полоний просто распадался, переходя в свинец. Радий подвергался сходному процессу, но у него это занимало тысячи лет, а полонию требовалось чуть более ста дней. Более того, концентрация полония была в 4000 раз ниже концентрации радия. Поэтому элемент не поддавался Марии. Процесс оказался нелегким даже по сравнению с полонием. Со временем обнаружилось, что в трех тоннах урана содержится только один грамм радия. Эти пропорции определялись самим явлением радиоактивности, поскольку, как уже было указано, и радий, и полоний распадаются, переходя в другие элементы.

Работа, проведенная Марией в ангаре, в котором было столько дыр, что во время дождя у нее загрохотали растворы, просто невероятна. Она обработала тонны материала, поступившего к ней из Йоахимсталя, отделяя порции по 20 кг, которые нагревались в огромных котлах, перемещаемых с помощью огромного железного бруса. Это была изнурительная физическая работа, проводимая в плачевных условиях, которые, как ни парадоксально, спасли ей жизнь. Плохая герметизация ангара, где работала Мария, и то, что иногда она трудилась во дворе на открытом воздухе, частично снимали воздействие ядовитых газов, которые образовывались в процессе. Это были как пары кислот и оснований, которыми она пользовалась, так и радиоактивный газ радон, образующийся при распаде радия, как выяснилось намного позже. Хотя физические усилия, должно быть, были огромными (а вначале она делала это почти в одиночку), это не останавливало гениальную женщину, которая сочетала это исследование с измерением проводимости. Несмотря на тяжелейшие условия работы, Мария утверждала, что была необыкновенно счастлива в это время:

«В то время мы были полностью погружены в новую атмосферу, которая была вызвана таким неожиданным

открытием. Несмотря на помехи наших рабочих условий, мы были счастливы. [...] Иногда, вечером, после ужина, мы возвращались в ангар, чтобы окинуть взглядом наши владения. Драгоценные результаты нашей работы, которые мы не могли уберечь от непогоды, лежали готовые на столах и верстаках; со всех сторон в тусклом свете был виден их силуэт; эти блики в темноте наполняли нас радостью».

Процесс сепарации для отделения урана из минерала, который проводился в шахтах, состоял в том, чтобы толочь настуран до получения пыли, которая смешивалась с карбонатом натрия и «жарилась», то есть подогревалась на воздухе. На эту твердую смесь воздействовали раствором серной кислоты, чтобы на жидкой стадии получить сульфат уранила и натрия, то есть необходимую часть минерала. Нерастворимый коричневый осадок отделяли и выбрасывали в ближайший сосновый лес. Именно этот материал поступил во двор Школы промышленной физики и химии в Париже.

Мария начала кипятить эту коричневую пыль в растворе, в котором содержался карбонат натрия, где растворялись карбонаты алюминия, свинца, кальция и натрия, и оставался осадок, содержащий карбонаты и сульфаты щелочноземельных металлов и радиоактивных элементов. На этот осадок воздействовали соляной кислотой, которая отделяла растворимые хлориды, оставляя осадок из нерастворимых сульфатов, среди которых был сульфат радия. К этому раствору, содержавшему хлориды, добавляли сероводород, что давало осадок сульфидов, среди которых был, в свою очередь, сульфид полония. В раствор, оставшийся после осаждения сульфидов, добавляли аммиак, чтобы сделать его более основным (увеличить уровень pH), благодаря чему осаждались нерастворимые гидроксиды. Через некоторое время в этих гидроксидах нашли новый радиоактивный элемент, актиний. С каждой тонны отходов настурана, полученных из Йоахимсталя, Мария получила от 10 до 20 кг щелочноземельных сульфатов, которые включали немного сульфата радия.

В осадке сульфатов повторялся процесс образования карбонатов, хлоридов, сульфидов и гидроксидов и получался раствор хлорида кальция, который отделяли, и осадок хлорида бария, содержащий небольшое количество хлорида радия. Поскольку барий и радий имеют очень сходные химические свойства, единственным способом разделить их была фракционная кристаллизация. Чтобы осуществить ее, нужно было нагреть до кипения осадок, в котором содержалась смесь двух хлоридов в точном

количестве дистиллированной воды, необходимом для их растворения. При медленном охлаждении этого раствора сначала осаждались «красивые кристаллы» хлорида радия, как писала Мария в своей диссертации, поскольку хлорид радия немного менее растворим, чем хлорид бария. Этот процесс был более чем деликатным, поскольку сразу же начинал выпадать в осадок хлорид бария, и до этого нужно было отделить крошечные кристаллы хлорида радия.

Спонтанность луча — это загадка. Каков источник энергии лучей Беккереля? Следует ли искать его в радиоактивных телах или во внешней среде?

Пьер Радваньи, «Чета Кюри»

Из-за сходства между хлоридами бария и радия последний не получался чистым после первой кристаллизации, поэтому процесс нужно было повторять столько раз, сколько необходимо, по мере увеличения радиоактивности. В наиболее чистом виде она достигла величины, в миллион раз превышающей радиоактивность урана. На основе самого активного образца хлорида радия, который также был самым чистым, Мария определила атомную массу радия, измерив количество хлорида с помощью гравиметрического метода осаждения хлорида серебра. Чтобы на основе этого значения получить атомную массу радия, ей пришлось сделать дополнительное предположение о том, что его стехиометрия такая же, как у бария, то есть два атома хлора на каждый атом радия. Поскольку барий (атомная масса 137) намного легче радия, масса, которую она получала, увеличивалась по мере улучшения метода отделения, когда элемент получался все более и более чистым.

Во время всего этого процесса Мария работала вслепую, она отслеживала путь этих призрачных элементов, которые образовывали соединения с неизвестными свойствами в чрезвычайно малых количествах. Кроме интуиции, главным ориентиром, указывающим правильный путь, была радиоактивность, которую нужно было измерять для каждой части раствора или осадка, полученного на каждом этапе процесса, пользуясь весами с пьезоэлектрическим кварцем.

Но помимо всех этих сложностей было нечто крайне обескураживающее. Обычно в минералах находятся рядом элементы схожей химической активности, то есть элементы, которые занимают

смежные позиции в периодической таблице. Например, упомянутые радий и барий — металлы группы щелочноземельных, группы 2, как видно из периодической таблицы. Однако элементы, открытые Марией в настуране, радий и полоний, находились в группах 2 и 16 соответственно. Они оба располагаются очень далеко друг от друга в периодической таблице, и это показывает, что у них очень разные химические свойства. Кроме того, они оба соотносятся с ураном, элементом группы актиноидов, который химически также не связан ни с одним из них. Как было открыто позже, причина этой странной связи — не в химической близости, а в процессе радиоактивного распада, который превращает одни элементы в другие. Присутствие всех трех элементов в одном и том же минерале имеет радиогенное происхождение. У Марии не только не было этой информации, но в случае, если бы она догадалась об этом, ни она, ни любой другой ученый ее времени не решились бы обнародовать ее, поскольку это значило бы, что произошел процесс трансмутации, который безуспешно искали в течение многих веков алхимики, к тому времени полностью дискредитированные.

Мария могла бы запатентовать процесс, который она с таким трудом открыла, для будущей коммерческой эксплуатации радия, но она решила, что работает ради прогресса науки, а не для получения материальных благ, поэтому вместо того, чтобы патентовать процесс, она сделала его публичным. Более того, как она, так и Пьер предоставили все детали экспериментов тем, кто попросил. Через много лет, во время своей поездки в США, Мария смогла увидеть в некоторых лабораториях посланные ею письма с изложением деталей процесса.

* * *

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

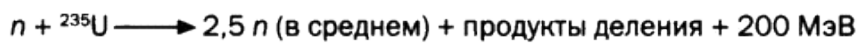
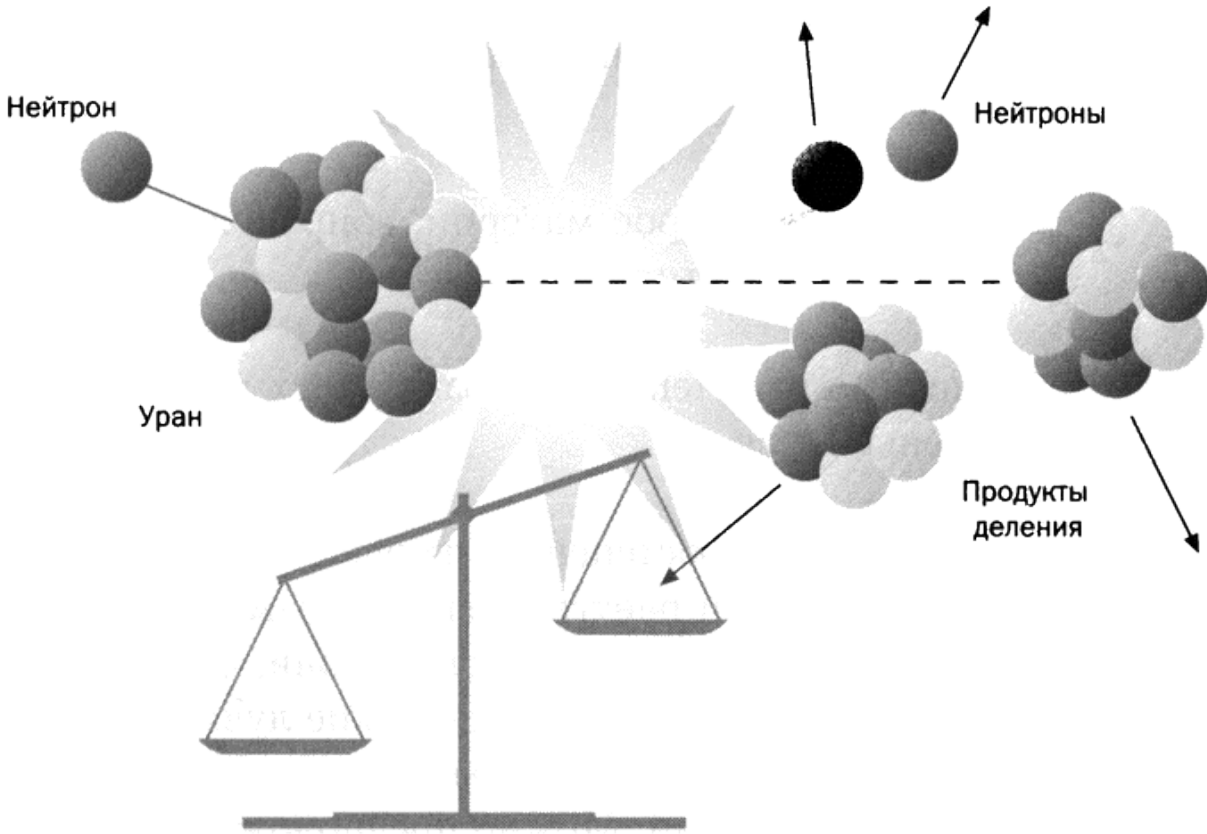
К середине 1899 года стало ясно, что извлечение радиоактивных элементов, особенно первая часть работы с остатками минерала, выше сил одного человека, поэтому Пьер попросил помощи у Центрального общества химических продуктов. С тех пор первичная обработка минерала, который тоннами поступал из Богемии, производилась на одной из фабрик этого общества. Андре Дебьерн, бывший ученик Пьера в Школе

промышленной физики и химии, а к тому времени преподаватель, ответственный за химическую лабораторию в Сорбонне, начал сотрудничать с четой Кюри. Первое, что сделал Дебьерн, — приспособил к промышленному масштабу метод обработки для извлечения радия из остатков настурана, который придумала и реализовала Мария в лаборатории; это было начало долгого сотрудничества с промышленностью. В том виде, как Мария понимала науку, не было разделения между базовым и прикладным исследованиями, а только между частным и государственным. Она поддерживала развитие исследований на высоком уровне, с государственным финансированием, что вполне могло пригодиться в промышленности.

САМОЕ ЗНАМЕНИТОЕ УРАВНЕНИЕ В ИСТОРИИ: $E = mc^2$

Одной из вещей, которые интересовали Анри Беккереля с тех пор, как он открыл радиоактивность, было происхождение ее энергии. Семейная научная традиция и полученные знания в области термодинамики заставляли Беккереля думать, что речь идет о процессе очень длительной флуоресценции, хотя ни один из его экспериментов не подтвердил этой гипотезы. Пьер Кюри, который измерил тепло, испускаемое радием, также подумал о разновидности флуоресценции, при которой источником энергии был не солнечный свет, а необнаружимые космические лучи, которые могли улавливать только уран и торий. Хотя все эксперименты, которые они осуществили, намекали на это, ни один из этих исследователей не был способен представить себе, что источник энергии находится внутри атома. Ключ дал Эйнштейн в 1906 году, установив равносильность между массой и энергией. Источник энергии, выделяемой в радиоактивных процессах, находится в мельчайших частицах массы, которые «теряются» во время ядерных реакций, хотя на самом деле они трансформируются в энергию согласно самому знаменитому уравнению в истории, $E = mc^2$, где E — энергия, m — «потерянная» (а в действительности трансформированная) масса, а c — скорость света. Поскольку эта скорость так высока (300 000

км/с), хотя величина потерянной массы очень мала (порядка одной десятитысячной от массы атома водорода), высвобождаемая энергия невероятно велика, в миллионы раз выше, чем от любой химической реакции.



ПОЧЕМУ?

В октябре 1899 года сотрудничающий с Кюри Андре Дебьерн объявил об открытии актиния. Без сомнения, прогресс, произошедший за два года с момента изучения Марией лучей Беккереля, был значительным. Во-первых, прибор, разработанный Пьером и сконструированный в Школе промышленной физики и химии для количественной оценки явления радиоактивности, доказал свою эффективность и точность. Во-вторых, были определены радиоактивные элементы. С одной стороны, были уран и торий, реакционная способность и атомная масса которых были хорошо известны. С другой стороны, были недавно открытые полоний, радий и актиний, при этом именно радиоактивность стала самым веским доказательством их существования. Так как в то время это доказательство не считалось достаточным, Мария продолжила трудоемкий процесс отделения и очищения радия, что заняло у нее несколько лет.

Было еще много вопросов, но без ответа оставался главный: почему испускаются лучи? Еще никто не знал их природу, и были ли это частицы или лучи? Также оставался другой, еще более сложный вопрос: откуда появляется энергия, поддерживающая процесс активным и внешне неизменным во времени? Гипотезы, которые выделила Мария в январе 1899 года в сообщении в *Revue Générale des Sciences*, в том виде, как их собрал Пьер Радваньи в своем повествовании, посвященном чете Кюри, следующие.

1. Радиоактивность — это фосфоресценция большой длительности, вызванная светом. Это маловероятная гипотеза.

2. Луч — это выброс материи, сопровождаемый потерей массы радиоактивных веществ.

3. Энергия излучения радиоактивных веществ постоянно уменьшается.

4. Луч — это второстепенное излучение, вызванное лучами, аналогичными рентгеновским. Возможно, эти загадочные лучи приходят из космоса; они, должно быть, проникают лучше, чем рентгеновские лучи, и поглощаются только элементами с большой атомной массой, такими как уран и торий. Можно предположить, что в космосе имеет место передача энергии, о которой мы не знаем.

5. Луч образуется за счет тепла окружающей среды, нарушая принцип Карно.

Гипотеза 1 — это исходная гипотеза Беккереля, но он сам отверг ее, поскольку соли урана испускали лучи после того, как долгое время пролежали в полной темноте. Гипотеза 2 согласовывалась с первыми наблюдениями, сделанными Марией в 1897 году, сразу же после открытия радиоактивности, согласно которым это следствие глубокого изменения на субатомном уровне. Эта гипотеза в конце концов будет доказана. Фантастическая гипотеза 4 казалась наиболее вероятной Пьеру Кюри; он не только ошибся сам, но и заставил ошибиться Марию.

Через полтора года, на Международном конгрессе по физике, который прошел во время Всемирной выставки в Париже в августе 1900 года, Пьер и Мария в докладе о свойствах новых радиоактивных веществ не нашли другого выхода, кроме как признать неспособность отыскать сейчас возможное объяснение радиоактивности.

Глава 3.

СЛАВА И ТРАГЕДИЯ

Мария создала новую науку на границе между физикой и химией, назвав ее радиоактивностью.

Исследования Эрнеста Резерфорда пролили больше света на это явление, в то время как Пьер изучал его применение в медицинских целях, а Мария готовила свою докторскую диссертацию.

В 1903 году супруги совместно с Анри Беккерелем получили Нобелевскую премию по физике, но через три года Пьер погиб, из-за чего Мария погрузилась в глубокую депрессию.

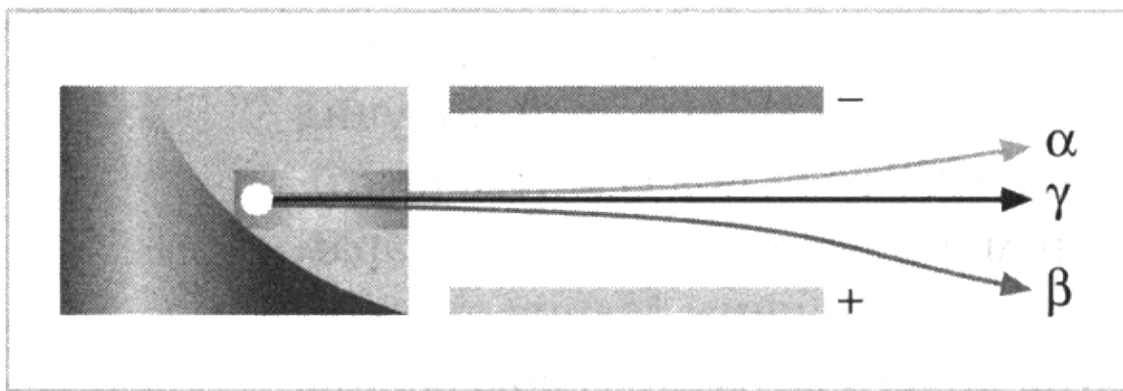
В последний год XIX века Мария и Пьер были не единственными, кто задавался вопросом о причинах радиоактивности. Благодаря открытию полония и радия другие ученые начали исследовать то, что уже было новой научной сферой. Радиоактивность стала модной темой, и группа ученых вслепую работала в этом новом мире, где прописные истины прошлого, такие как неделимость атома, рушились. В порыве щедрости супруги Кюри продолжали поставлять многим исследователям, с которыми они конкурировали, соединения радия, полученные Марией с таким трудом. Другие ученые, например немец Фридрих Оскар Гизель, повторили метод, разработанный и описанный Марией, и установили плодотворные отношения с промышленностью.

Несмотря на то что лаборатория Кюри являлась источником соединений радия и стала широко известной среди всех европейских лабораторий, даже тех, в которых не изучалась радиоактивность, она была среди наименее обеспеченных с точки зрения оборудования и персонала. Так, например, когда русско-немецкому химику Вильгельму Оствальду, который получил Нобелевскую премию по химии в 1909 году, показали лабораторию Кюри в их отсутствие, он не мог поверить, что в этом сарае, «смеси подвала, склада картошки и конюшни», Мария открыла два новых химических элемента, ничего не взяв за свою работу.

ПРОГРЕСС В НОВОЙ НАУКЕ

Главным конкурентом Марии и Пьера, который сделал наиболее значительные открытия в области радиоактивности, был молодой новозеландский ученый Эрнест Резерфорд. Как и сама Мария, Резерфорд был аутсайдером, воспитанным вне элитной британской системы образования. Но в отличие от Французской академии, английский истеблишмент быстро признал исключительные достоинства молодого Эрнеста. Резерфорд приехал в Кембридж в 1895 году после получения двухлетнего гранта, который Ее Величество предоставила самому выдающемуся подданному заморских регионов Британской империи, чтобы он писал свою докторскую диссертацию в метрополии. Итак, Резерфорд должен был работать с Джозефом Джоном Томсоном, директором Кавендишской лаборатории, который недавно открыл катодные лучи, выявив, что атомы не являются неделимыми.

В качестве продолжения трудов Томсона изначальной целью диссертации Эрнеста Резерфорда было изучение проводимости газов, вызванной ультрафиолетовыми и рентгеновскими лучами, но затем он включил радиоактивность в число своих исследований. Вскоре изучение последней темы превратилось в основную задачу Резерфорда, так что молодой Эрнест стал одним из немногих ученых, которые исследовали казавшиеся бесполезными лучи Беккереля до открытия полония и радия. В январе 1899 года ученый опубликовал обширную статью об их природе, в которой сделал вывод (как это приведено в работе Пьера Радваньи о чете Кюри), что «излучение урана сложное и образовано по крайней мере двумя различными типами: одно легко поглощается, назовем его α , а другое имеет большую проникающую способность, назовем его β ».



Действие магнитного поля, представленного серыми прямоугольниками с символами + и -, на излучения α , β и γ .

В то время Гизель в Германии, Майер и фон Швейдлер в Вене и Пьер Кюри в Париже исследовали действие магнитных полей на урановые лучи. Они выяснили, что оба типа излучения отклоняются магнитными полями, но в то время как менее проникающее излучение, которое Резерфорд назвал α , мало отклоняется этими полями, β -излучение отклоняется легко, как показано на рисунке на странице 76. В апреле 1900 года французский ученый Поль Виллар обнаружил другие лучи, с еще большей проникающей способностью, которые он назвал γ , очень похожие на рентгеновские, но с большей энергией. Так в начале XX века были правильно определены типы радиации.

Хотя ни супруги Кюри, ни Резерфорд не могли тогда представить этого, определенный путь к пониманию радиоактивности уже начался, и они стояли во главе этого процесса. Пьер и Резерфорд наиболее активно выдвигали гипотезы, которые могли объяснить это явление. Они оба были блестящими учеными, но их жизненные обстоятельства отличались. Пьеру было 40 лет, и его здоровье начинало ухудшаться из-за длительной работы с радиоактивными веществами без защиты. Кроме того, он уже 20 лет боролся за то, чтобы пробиться в научный мир Франции, который не признавал его неоспоримых достоинств и не предоставлял организационной и экономической поддержки. Резерфорд, наоборот, работал в одной из лучших лабораторий по изучению структуры атома, в Кавендише в Кембридже, и, написав диссертацию, получил кафедру в Университете Макгилла, в Монреале, Канада. Там в его распоряжении была хорошо оборудованная лаборатория, хотя у него не было единственного (чего у Марии и Пьера было в избытке) — источников радия. Резерфорду было 27 лет, он недавно женился и пребывал в расцвете сил.

Резерфорд нашел ключ, который позволял понять всю неразбериху радиоактивности. А творческий, талантливый и мечтательный Пьер не только не нашел решения, но и настойчиво не признавал правоту Резерфорда в течение нескольких лет. Мария, в какой-то степени в память о Пьере, поступала так же, подавив в себе любознательность и свободный от предрассудков образ мыслей, которые так помогли ей в начале карьеры и благодаря которым она открыла дверь в новую область исследования. Так что английская команда с Резерфордом-капитаном, о котором еще долгие годы его изысканные коллеги из метрополии вспоминали с восхищением (в

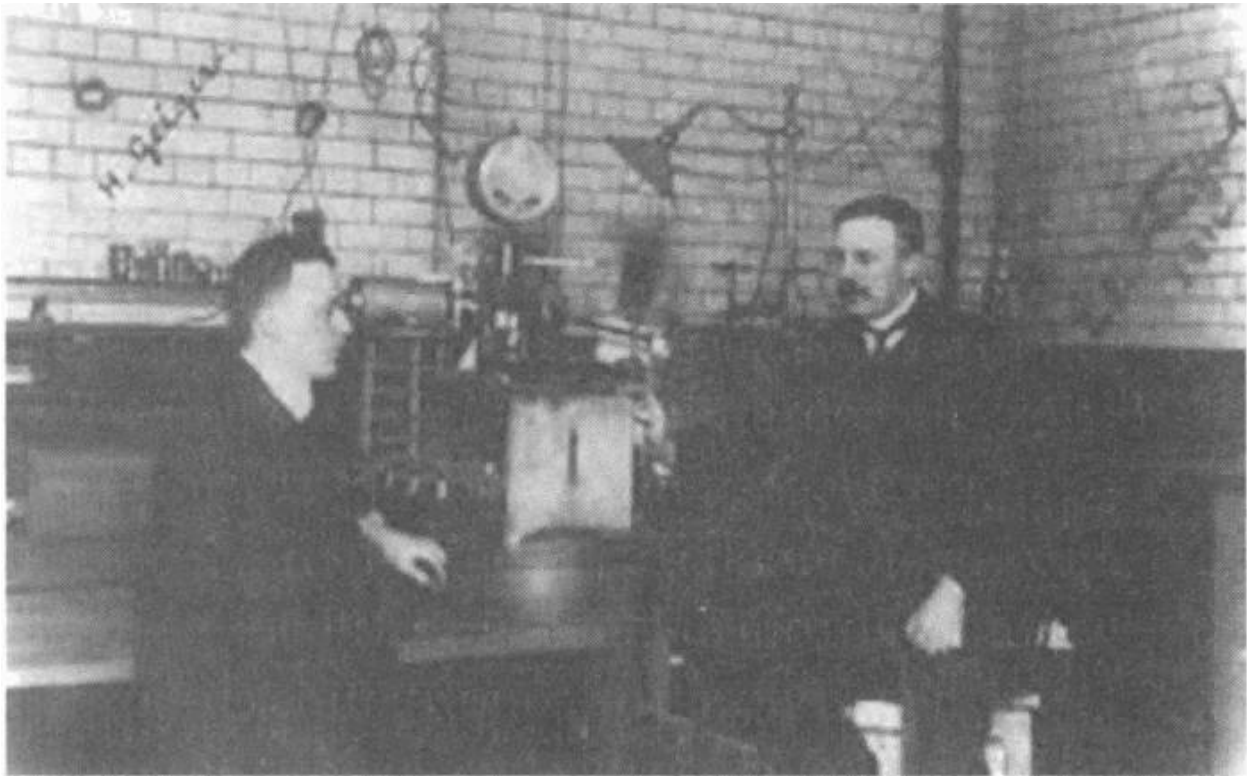
том числе и за то, что в его английском совсем не был слышен новозеландский акцент), выиграла матч с большим отрывом в счете.

* * *

БАРОН НЕЛЬСОН И ЕГО ПОСЛЕДОВАТЕЛИ

Когда король Георг V присвоил Эрнесту Резерфорду (1871–1937) дворянский титул (барон Нельсон) и назвал его самым блестящим ученым, которого дали колонии, тот уже совершил часть самых важных открытий в области радиоактивности: определил природу радиоактивных процессов, разработал прибор для их количественной оценки, определил радиоактивные ряды и на их основе придумал процесс определения возраста Земли, открыл существование ядра в центре атома, произвел первое превращение одного атома в другой... А открытия, которые он не совершил, сделали его ученики на подготовленной им базе. Тот, кого многие определили как «самого великого экспериментатора после Фарадея», был также отличным учителем гениев, поскольку у него была необычная способность привлекать блестящих и творческих людей, давать им пространство и стимул, которые были нужны, чтобы каждый из них выдал лучшее, что мог. При этом во многих случаях речь шла о крайне сложных личностях, таких как химик Содди со своими странными экономическими теориями; избалованный Мозли, блестящая карьера которого была прервана Первой мировой войной; мрачный Чедвик, страдавший от публичных выступлений; саркастичный Болтвуд, открытый враг Марии Кюри, который в итоге покончил жизнь самоубийством, но до этого определил возраст Земли; молодой немец с поразительной работоспособностью Ханс Гейгер, когда он еще не проявлял своих нацистских склонностей; датчанин Нильс Бор, предложивший в диссертации модель атома, на которой основывается вся химия; немцы Фаянс и Ган; англичане Кокрофт, Уолтон и Эплтон, построившие первый ускоритель частиц... Со всеми ними Резерфорд поддерживал отличные отношения, полные привязанности и уважения к ученикам со стороны

преподавателя, которого они ласково называли Крокодилом.



Эрнест Резерфорд (справа) и Ханс Гейгер в то время, когда они разрабатывали счетчик, который получил имя последнего.

РЕАКЦИИ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

Существует три главных типа спонтанного радиоактивного распада. Первые два были предложены Резерфордом в 1899 году, когда он закончил диссертацию в Кембридже; третий — Вилларом, в Париже, через год.

1. α -лучи. Они образованы относительно тяжелыми частицами (состоят из двух нейтронов и двух протонов, то есть это ядра гелия), заряженными положительно. Они отклоняются электрическими и магнитными полями и сильно ионизированы, что делает их менее проникающими.

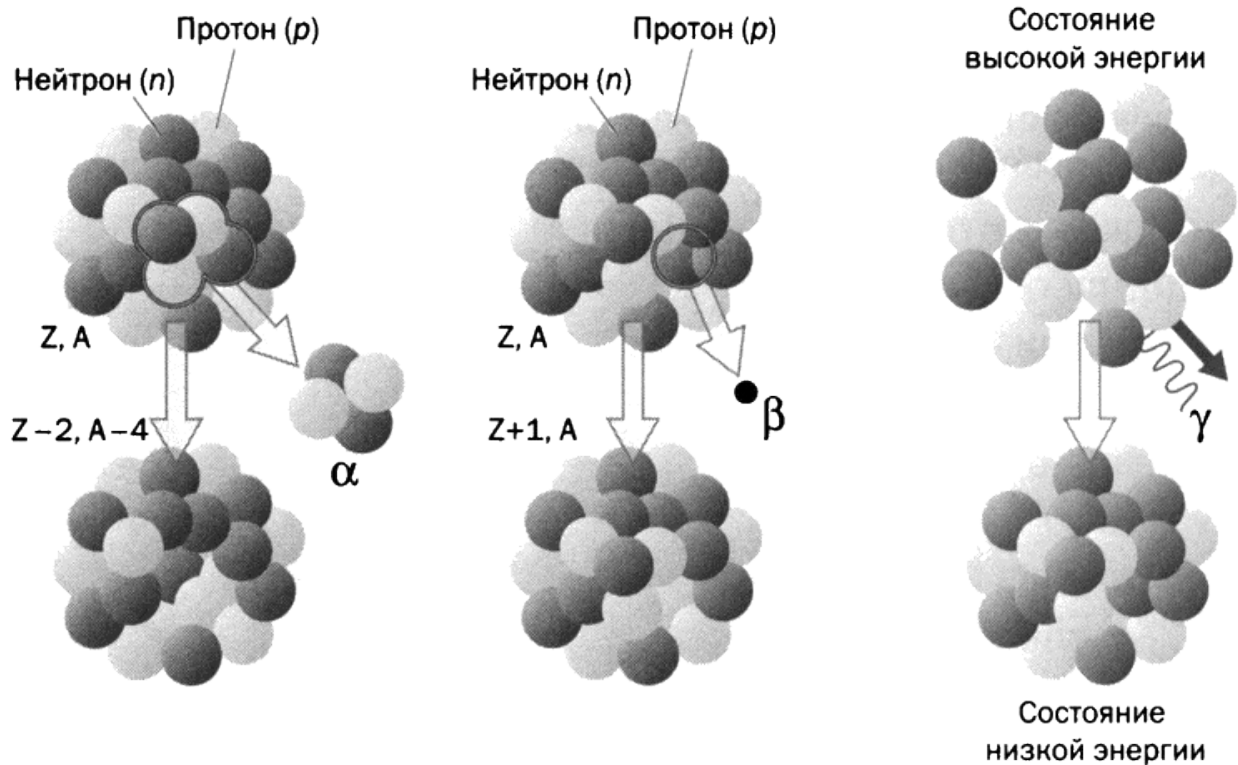
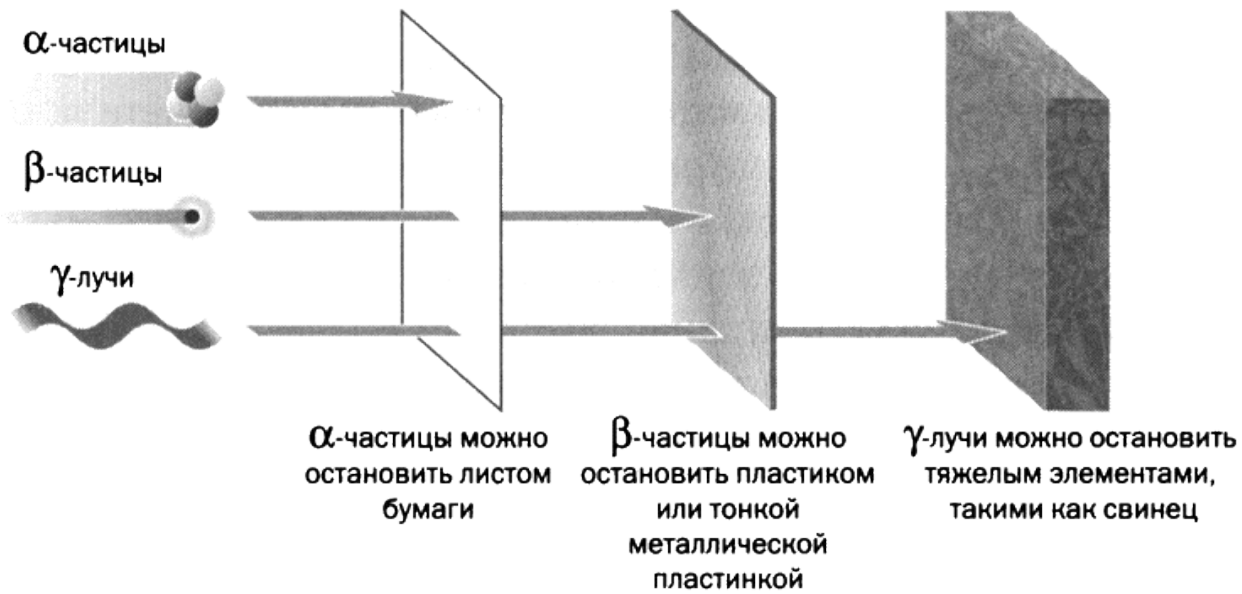


Схема основных реакций радиоактивного распада, на которой показано, как изменяется атомный номер, Z , и массовое число, A (то, что позже описали Содди и Фаянс).

2. β , β^- -лучи. Этот тип распада имеет место, когда нейтрон из ядра трансформируется в протон, испуская электрон. Они отклоняются магнитными полями, и их ионизирующая способность не так высока, как у α -частиц, что делает их более проникающими. Менее распространенный тип β -радиоактивности — β^+ , при котором протон трансформируется в нейтрон, испуская позитрон; из-за своего характера он распадается сразу после реакции с электроном окружающей материи, что порождает γ -лучи в противоположном направлении (на этом основана позитронно-эмиссионная томография).

3. γ -лучи. Это электромагнитные волны, испускаемые нестабильными ядрами. Это самое проникающее излучение, которое останавливается только толстыми слоями свинца или бетона.



Проникающая способность лучей α , β , γ .

ЭМАНАЦИЯ

В ноябре 1899 года Пьер и Мария заметили, что все вещества, которые находились рядом с солями радия и полония, становятся радиоактивными и эта радиоактивность сохраняется довольно долго. Они назвали это явление «наведенной радиоактивностью». По другую сторону Атлантики Резерфорд, который сначала работал только с относительно малоактивными солями тория, в феврале 1900 года открыл похожее явление. До этого в лаборатории в Кембридже он уже замечал, что на активность влияют внешние обстоятельства, такие как открытая дверь лаборатории. Так же как и Пьер, он подумал, что это может быть вызвано загрязнением пылью от изучаемого радиоактивного вещества, которая оседает на поверхностях, и так же, как и Пьер, промыл водой и даже обработал излучающие поверхности наждачной бумагой, а затем и серной кислотой. После этого радиоактивность полностью исчезла, что означало, что явление имело вполне материальные причины. Он решил, что имеет дело с излучением, испускаемым новым веществом, которое должно было быть чрезвычайно радиоактивным, поскольку его количество, скорее всего, было микроскопическим и не поддающимся регистрации, а активность оно имело значительную.

С самого начала Резерфорд рассматривал гипотезу о том, что излучающее вещество имеет массу (иначе его нельзя было бы убрать с помощью наждака и серной кислоты). Однако он не решился приписать ему материальный характер, поэтому искал название, согласующееся с другими гипотезами, например «эманация». Ученый был убежден, что наведенная радиоактивность Пьера и его эманация — одно и то же явление, которое они просто по-разному объяснили. В июне 1900 года немец Фридрих Дорн открыл, что радий испускает эманацию, похожую на обнаруженную Резерфордом для тория. Через несколько лет они обе будут идентифицированы как благородный газ радон, но в течение долгого времени эти эманации называли по-разному: торон — для тория и радон — для радия.

В марте 1901 года Пьер Кюри и Андре Дебьерн продолжили изучение наведенной радиоактивности и заметили, что она намного интенсивнее, когда наблюдается в закрытом сосуде. Возможной причиной исследователи посчитали тот факт, что радиоактивность передается по воздуху. Тогда они создали вакуум в сосуде с активным веществом, и наведенная

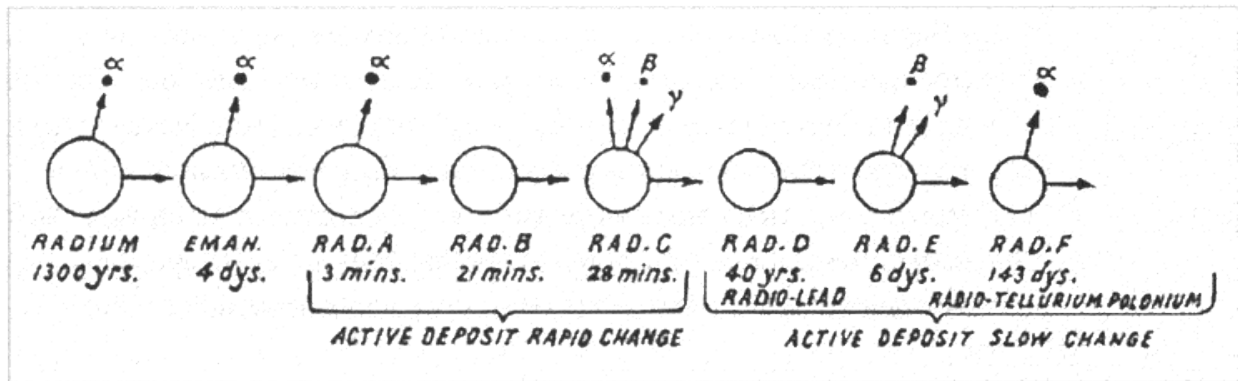
радиоактивность исчезла. Учитывая газообразное происхождение радиоактивности, именно этого и следовало ожидать, и для Резерфорда этот эксперимент стал подтверждением: Пьер Кюри обнаружил ту же самую эманацию, что и он. Но Пьер, который принял термин «эманация», предложенный Резерфордом, не признавал ее материальной основы, ссылаясь на то, что у этого явления могло быть много других причин.

Однако подход Резерфорда был намного более практичным. Он не жалел энергии и средств для проверки всех гипотез, которые приходили ему в голову, а благодаря его энтузиазму Университет Макгилла привлекал к себе самые блестящие и творческие умы того времени. Ни один человек в истории не побил рекорд по способности Резерфорда привлекать и готовить исключительных ученых: 11 его студентов получили Нобелевскую премию. Его лаборатория превратилась в мировой центр исследования радиоактивности, в котором завораживающие открытия происходили с головокружительной скоростью.

ТРАНСМУТАЦИЯ

Убежденный в материальной природе эманации, в октябре 1901 года Резерфорд привлек к ее изучению Фредерика Содди, молодого и эксцентричного химика из Оксфорда. После первых экспериментов Содди понял, что наблюдает новое, исключительное явление, и сообщил Резерфорду, что речь идет о «трансмутации», во время которой торий превращается в другой элемент. Резерфорд попросил сохранять это в секрете, чтобы их не приняли за алхимиков, но эти наблюдения подтвердили то, о чем он догадывался с самого начала. Содди продолжил эксперименты и пришел к выводу, что эманация происходит не напрямую от тория, а от радиоактивной примеси, которую он назвал торий-Х, распадающейся намного быстрее, чем торий. Измерив интенсивность испускания радиации, Содди выяснил, что кривые уменьшения активности тория и восстановления тория-Х дополняли друг друга, и это позволило утверждать, что атомы тория-Х образуются при разложении атомов тория. С другой стороны, он понял, что эманация остается неизменной при контакте с различными химическими реактивами в широком температурном диапазоне, так что это мог быть только газ группы аргона. Элементы этой группы были открыты недавно, и их называли благородными газами, потому что они не вступали в реакции ни с какими другими элементами.

Резерфорд и Содди пытались изолировать торий-Х, подобно тому как Мария изолировала полоний и радий. Попытка оказалась безуспешной, но ученые пришли к выводу о том, что, помимо тория, тория-Х (позже определенного как радий-224) и эманации, существовало промежуточное, еще более активное вещество. Летом 1902 года Резерфорд и Содди опубликовали результаты экспериментов, но не решились обнародовать главный вывод: имеют место различные последовательные трансмутации одного элемента в другой. Излучение, которое Резерфорд назвал а, было образовано частицами, испускание которых вызывало фундаментальные изменения в атоме и его превращение в атом другого элемента.



Атом радия испускает альфа-частицу, превращаясь в эманацию (на самом деле в газ радон). Этот атом, в свою очередь, испускает частицу «радий А» (сегодня известно, что это форма полония). Цепочка заканчивается стабильным свинцом.

В мае 1903 года Резерфорд и Содди обобщили свои открытия: последовательные радиоактивные трансформации формировали семьи радиоэлементов. Ученые разработали таблицу, приведенную выше, в которой объяснили, как каждый новый элемент образуется на основе предыдущего при испускании α-частицы. Эти новые радиоактивные тела не были открыты ранее: они постоянно распадались и присутствовали в невозможных для обнаружения количествах. Как пишет Пьер Радваньи в своей книге о чете Кюри, ученые пришли к выводу:

«В естественных минералах, содержащих эти радиоэлементы, эти превращения, должно быть, происходили постоянно в течение долгих периодов, поэтому конечные продукты всегда находятся в природе как постоянные спутники радиоэлементов. Гелий, возможно, — один из этих продуктов. [...] Выделение заряженной частицы является основой для превращения. [...] Во время радиоактивного превращения происходит распад атома».

РАДИОАКТИВНЫЕ РЯДЫ

Существует три естественных радиоактивных ряда,

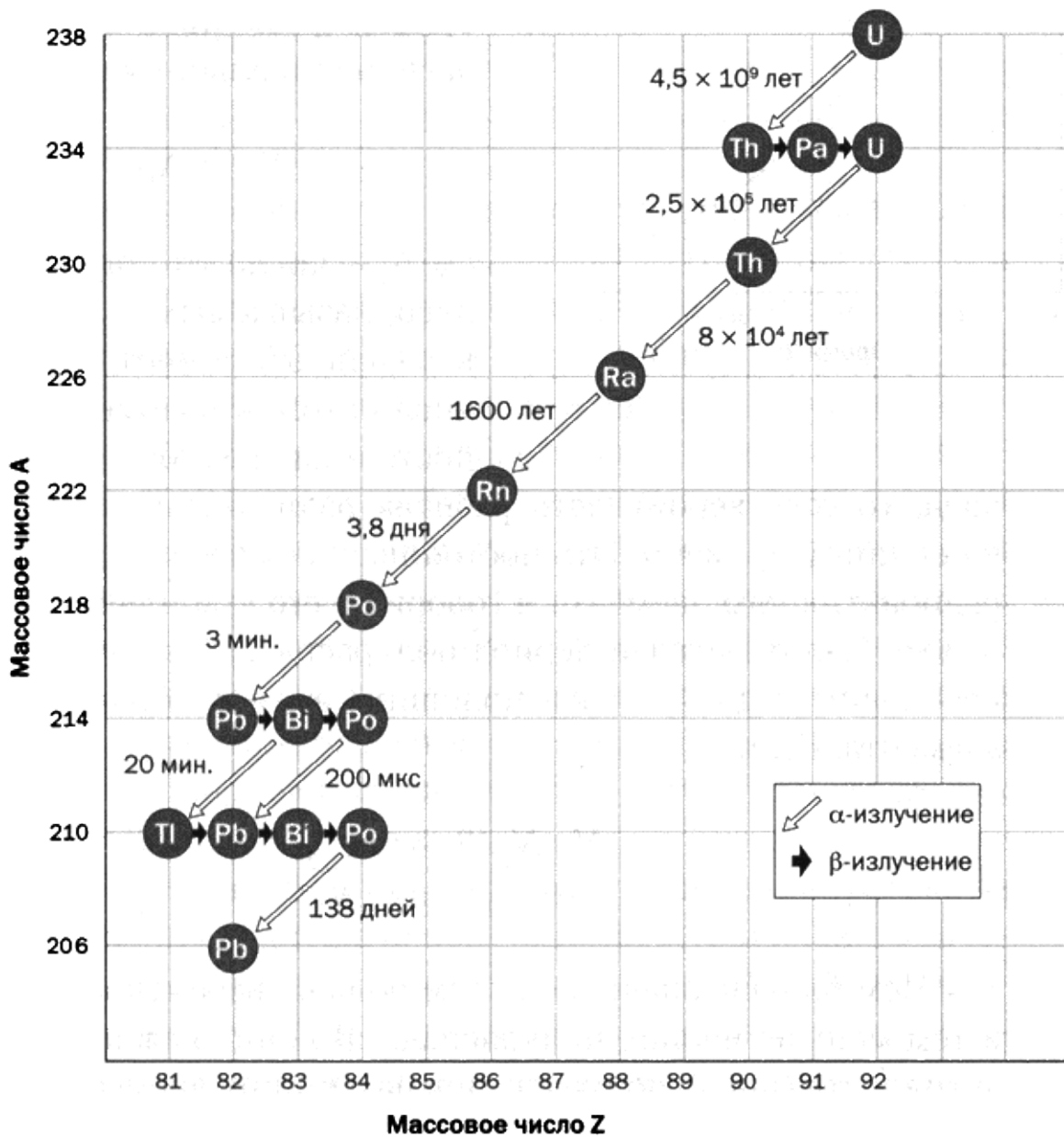
исходные изотопы которых — уран-238, уран-235 и торий-232. Мария работала в основном с первым, а Резерфорд — с третьим. Во всех трех случаях конечный стабильный элемент — это изотоп свинца. Периоды полураспада первых элементов рядов и их соответствующая распространенность следующие:

U-238 (99,27%) = $4,47 \times 10^9$ лет;

U-235 (0,72%) = $7,1 \times 10^8$ лет;

Th-232 (100%) = 232×10^8 лет.

Радий-226 — один из членов первого ряда, а полоний-210 — предпоследний член этого ряда, который распадается, порождая свинец-206. Пропорции различных элементов ряда остаются с течением времени приблизительно постоянными. Отношение между концентрациями родительского элемента и дочерних элементов обратно пропорционально периодам полураспада. Эти пропорции можно использовать как часы для различных временных шкал, например они пригодились для определения возраста Земли. На прилагающемся графике в качестве примера показан радиоактивный ряд урана-238, конечный элемент которого — стабильный изотоп свинца-206. На горизонтальной оси показан атомный номер, Z (число протонов ядра), на вертикальной — массовое число, A (число протонов плюс нейтронов ядра), α -излучения показаны белыми стрелками, β — черными. Рядом с каждой белой стрелкой указано время полураспада в годах, днях, минутах или секундах. Наименьший период у полония-214, равный 200 микросекундам (200×10^{-6} секунд). Наибольший — у урана-238, 4500 миллионов лет. На вертикальных линиях фигурирует один и тот же элемент (с одним и тем же атомным номером), в то время как на горизонтальных линиях появляются изотопы различных элементов с одним и тем же массовым числом.



Позже было доказано, что уран, торий и радий принадлежат к одной и той же семье, так что все они присутствовали в настуране.

В нижней части таблицы Резерфорда и Содди есть указание на другое большое открытие, которое исследователи опубликовали в том же году, — закон радиоактивного распада. Оба ученых установили, что число радиоактивных атомов, которые распадаются за единицу времени,

пропорционально общему числу атомов элемента, поэтому убывание следует экспоненциальному закону. В химии это называется кинетикой первого порядка, при которой скорость реакции пропорциональна концентрации реагентов в степени 1, что означает соответствие одномолекулярным процессам. В них концентрация реагентов подвержена экспоненциальному убыванию:

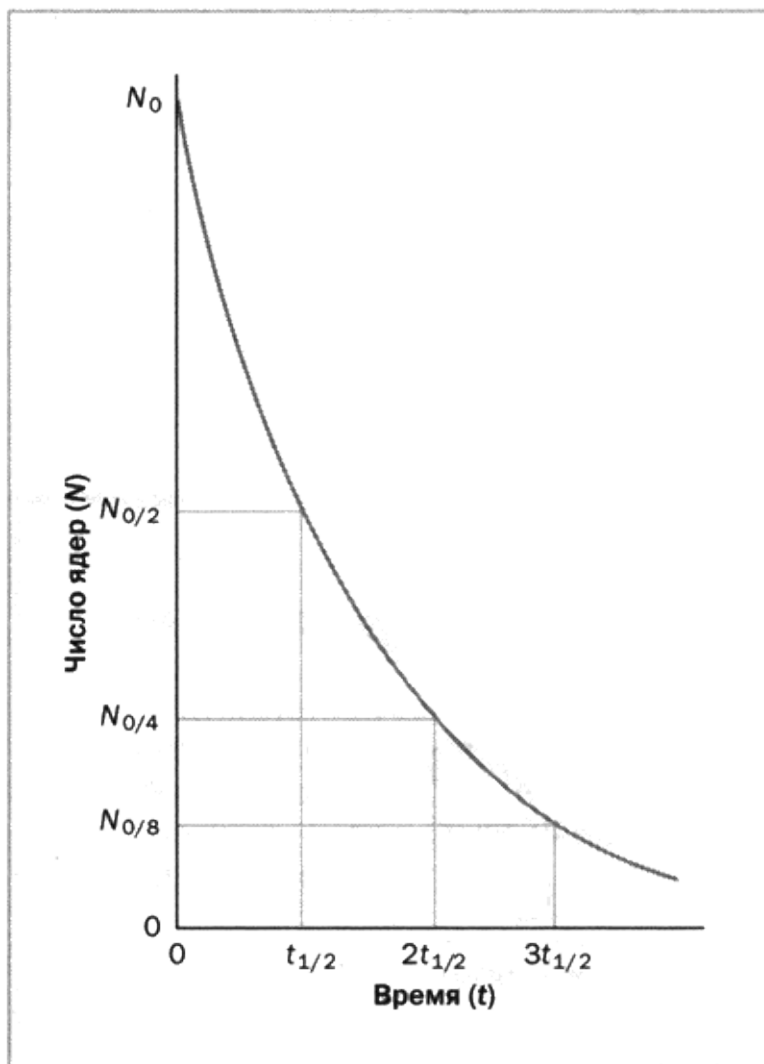
$$N(t) = N_0 e^{-\gamma t}$$

где N_0 — число атомов (точнее, их ядер, называемых радиоядрами) в начальный момент, $t = 0$; $N(t)$ — число атомов в момент t ; и γ — постоянная радиоактивного распада, то есть вероятность распада радиоактивного элемента на единицу времени. Эта постоянная характерна для каждого радиоактивного элемента и говорит о его стабильности. На ее основе был определен период полураспада, $t_{1/2}$, то есть время, необходимое для распада половины атомов образца данного элемента. Если

$$N = N_0/2 \rightarrow t = t_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \ln 2 / \gamma$$

Чем больше значение γ , тем больше вероятность распада и тем меньше период полураспада. В конце каждого периода активность (число полураспадов на единицу времени) образца сокращается до половины изначальной активности, поскольку последняя пропорциональна числу ядер, имеющих в каждый момент. Каждое ядро имеет свой период полураспада, обычно характерный только для него. В таблицу включены периоды первых ядер, с которыми работала Мария.



Таким образом, значения $t_{1/2}$ могли варьироваться от долей секунды до миллионов лет, и никакие обстоятельства не могли их изменить. При первой оценке было определено, что этот период для радия равен 1300 годам, а для полония — чуть больше 143 дней. Оба значения были затем исправлены, окончательные данные — 1600 лет и 138 дней. В таблице, составленной Резерфордом и Содди, исследователи разделили вещества одной из радиоактивных семей на группы: с одной стороны были радий и эманация, с другой — три вещества, которые являлись радиоактивными отложениями быстрого изменения (их периоды полураспада измеряются в минутах), в третью группу они включили другие три вещества так называемого медленного изменения (их период полураспада мог достигать нескольких дней или лет).

Итак, $t_{1/2}$ превратилось в один из главных инструментов для определения радиоактивного элемента, или радиоэлемента. Этот закон

породил множество применений в таких областях, как археология (здесь стоит вспомнить метод датирования объектов с помощью определения концентрации ^{14}C) или геология, где открытие позволило точно определить возраст Земли.

Радиоядро/изотоп	Период полураспада	Излучение
Уран-238	4468 миллионов лет	α
Радий-226	1600 лет	α
Полоний-210	138,38 дня	α
Эманация радия = радон-222	3,82 дня	α
Эманация тория торон = радон-220	55,6 секунды	α

КЮРИТЕРАПИЯ

Рентгеновские лучи начали применяться в медицине через несколько месяцев после их открытия. Сначала их использовали в диагностике по рентгеновским снимкам, аналогичным снимкам руки жены Рентгена, а через некоторое время — в терапии. Поскольку радиоактивность по своим свойствам была схожа с рентгеновскими лучами, Пьер подумал, что она может воздействовать на человеческий организм. В 1900 году немецкий дантист Отто Валькхоф заметил, что если приложить ткань, пропитанную раствором радия, к коже два раза на 20 минут, появляется воспаление, длящееся две недели. С другой стороны, немецкий химик Фридрих Оскар Гизель, работавший на компанию «Бюхлер» (которая получала радий, следуя методу Марии), заметил, что если приставить закрытый глаз к закрытой коробке, содержащей соли радия, на сетчатке виден свет. Также он держал 270 мг соли радия в руке в течение двух часов, и у него появились ожоги, которые заживали две недели. О Гизеле его соотечественники Гейтель и Эльстер говорили, что у него самое радиоактивное тело, которое только можно найти: одно его присутствие в лаборатории приводило к разряду электроскопов!

Зная об этих результатах, в начале 1901 года Пьер изучал на себе действие радия, описанное Валькхофом. Сегодня мы признали бы этот эксперимент самоубийством, но тогда он, видимо, считался нормальным. Исследователь прикрепил кусок гуттаперчи, пропитанной солями радия, к коже руки и держал повязку десять часов. Когда он снял ее, кожа начала краснеть и краснела все больше в течение нескольких дней, поражение приобретало вид ожога, хотя ученый не чувствовал боли. Ткань почернела, на руке появилась рана, которую пришлось перевязать и которая заживала более двух месяцев. У Анри Беккереля возникла похожая рана от запечатанной трубки с солью радия, которую ему дал Пьер для использования на лекции и которую он носил в кармане пиджака. Закончив лекцию, он пошел рассказать чете Кюри об ожоге, одновременно гордый и сердитый. Анри Беккерель и Пьер Кюри 9 июня 1901 года послали во Французскую академию наук совместную заметку, в которой описали действие радия на кожу.

Эта работа, которая была необычной для Пьера, сразу же привлекла внимание врачей. Первым человеком, предложившим его и Марию в качестве кандидатов на Нобелевскую премию, был врач-патолог Шарль-

Жозеф Бушар. Хотя он не имел абсолютно никакого отношения к предмету их исследования, особенно в случае Марии, которая ничего не публиковала в этой области, именно медицинское применение радия принесло их работе публичную известность. Так, в триумфальной поездке Марии в США в 1921 году исследовательницу встретили как «целительницу рака».

Незадолго до опытов на себе самом, в 1900 году, Пьер послал врачу Анри Доло в больницу Сен-Луи в Париже очень активные образцы радия, чтобы тот осуществил первые терапевтические пробы его воздействия на различные кожные заболевания. Сначала образцы попробовали на волчанке, затем — на некоторых видах рака кожи. За этими пробами в Париже последовали другие, которые в течение пяти-шести первых лет XX века были проведены в главных европейских и американских больницах: в Германии, Санкт-Петербурге, Лондоне и Чикаго. Иногда лечение было поверхностным; иногда, как в случае с раком матки, шейки матки, пищевода или прямой кишки, вводились ампулы, содержащие радий. Однако, поскольку радий был дорогим и дефицитным, часто ампулы, содержащие соли радия, заменяли другими ампулами, содержащими эманацию. Это было начало терапии, основанной на радиоактивности, сегодня мы знаем ее как радиотерапию, а во Франции, по имени первооткрывателя, ее долгое время называли кюритерапией.

Чтобы развить метод, кроме исследований на пациентах, которые в первые десятилетия XX века стали все более эффективными, потребовались две технические разработки. С самого начала была ясна важность установления контроля над дозами, которые получал пациент, и в качестве первого шага для количественной оценки таких доз было необходимо создать модель излучения. Этой задачей занималась Мария в последние годы своей карьеры. Другой разработкой, которая чрезвычайно продвинула развитие радиотерапии, было открытие искусственной радиоактивности, что сделала Ирен, дочь Марии, вместе со своим мужем Фредериком Жолио-Кюри. Она позволила заменить опасный радий искусственно полученными радиоактивными атомами, такими как кобальт-60.

Удивительно, но тот факт, что лучи настолько агрессивны по отношению к раковым клеткам, не вызвал у первых экспериментаторов мысли о том, что они могут повредить здоровым клеткам. Однако Пьер, должно быть, все-таки задумался об этом риске, поскольку через некоторое время после начала экспериментов по радиотерапии начал ставить опыты на лабораторных мышках и морских свинках. Он выяснил, что животные умирают через некоторое время после имплантации рядом с костным

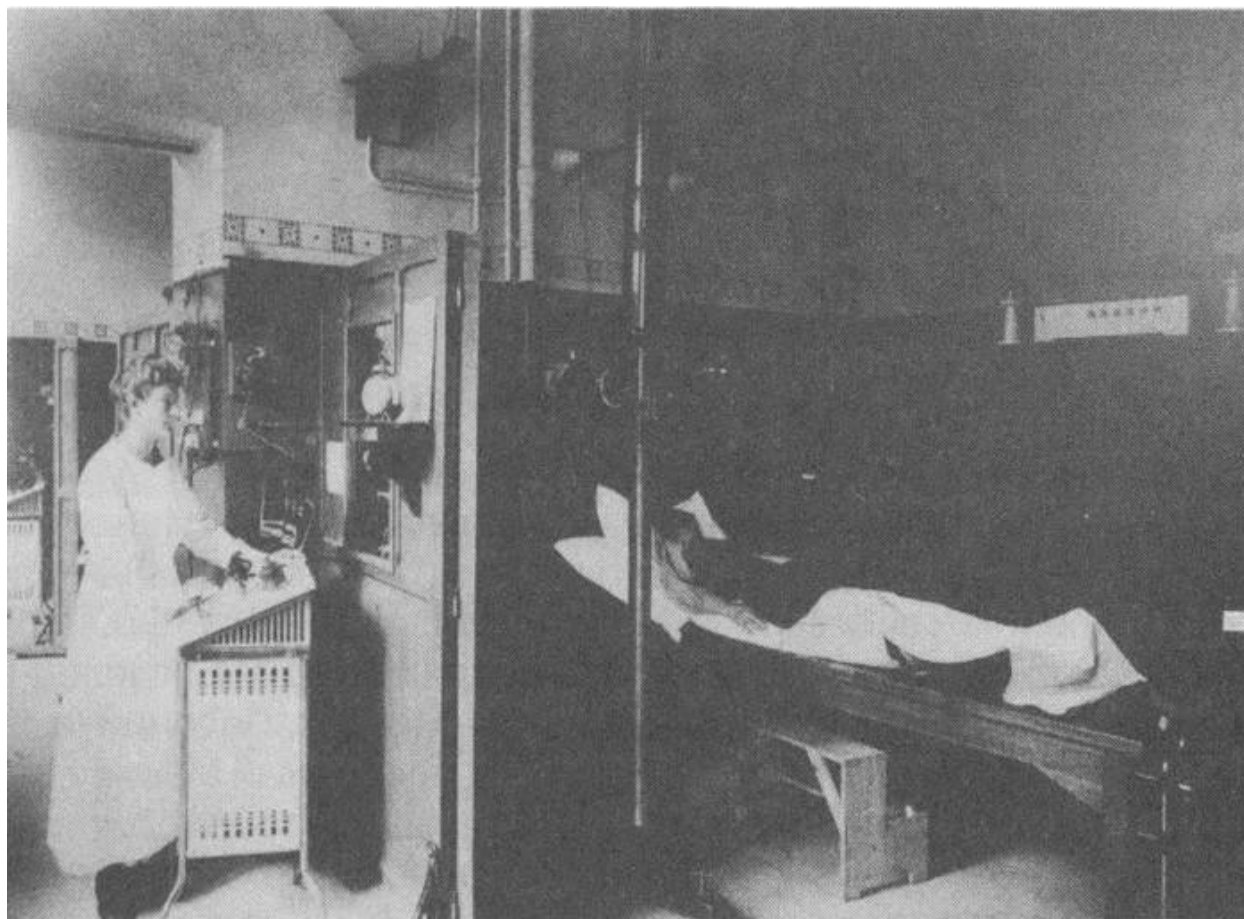
мозгом ампул с солями радия. Гибли они и от вдыхания эманации. Результаты этих исследований Пьер собрал в своей последней работе, которую опубликовал перед смертью. После него никто эти исследования не продолжал, поскольку Мария была настолько уверена в том, что радий оказывает только положительный эффект, такой как лечение рака, что даже не выясняла, может ли он вызывать другие заболевания.

* * *

РАДИОТЕРАПИЯ

Публичное признание, которое получила Мария Кюри, во многом было вызвано тем, что открытый ею радий с самого начала ассоциировался с чудесным средством для лечения всех недугов. Хотя это первое впечатление было явно ошибочным, невозможно назвать число людей, которые воспользовались радиотерапией в течение более 100 лет ее применения. Логично, что современные методы имеют мало общего с теми, что использовались сразу после открытия. Однако следует помнить, что вклад Марии и Пьера был принципиальным: они открыли новое средство для исцеления от болезни, против которой тогда не было лекарств, — рака. Радий — это естественный источник радиации, который использовался, пока не появились альтернативы. Главная проблема радия-226, наиболее распространенного изотопа естественного радия, в том, что прежде чем испускать требуемые γ -лучи, он испускает совсем не полезные α -частицы, превращаясь в радий-222, возбужденную форму, которая и испускает γ -излучение. Открытие Ирен Кюри и Фредериком Жолио-Кюри искусственной радиоактивности в 1935 году позволило получить более «чистые» γ -излучатели. Выбранным веществом был кобальт-60 (который является продуктом деления, полученным в ядерном реакторе, — знаменитые кобальтовые «бомбы» используются до сих пор), поскольку он намного легче радия и обеспечивает (3-радиоактивность, куда менее вредную, чем α -радиоактивность. В 1930-х годах думали, что было бы еще лучше пользоваться другими источниками γ -излучения, такими как ускорители

частиц, энергия которых может быть избирательной и работу которых можно остановить, когда исчезает необходимость в их использовании. Поэтому уже более 20 лет в отделениях радиотерапии больниц пользуются ускорителями электронов, которые производят фотоны, когда тормозятся о кусок металла, обычно вольфрама.



Фотография, сделанная в 1928 году в отделении радиотерапии в больнице в Эрлангене, Германия.

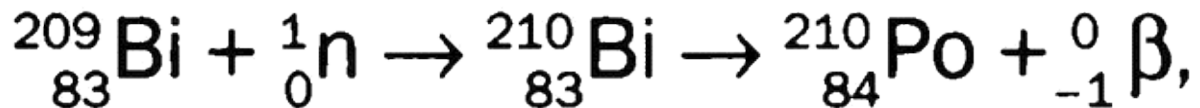
*** * ***

СМЕРТЬ ОТ ПОЛОНИЯ: ДЕЛО ЛИТВИНЕНКО

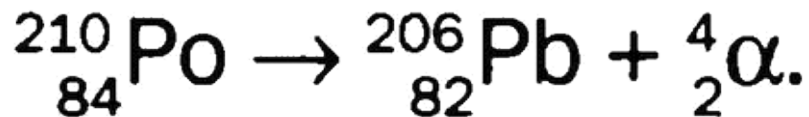


Бомбы в Хиросиме и Нагасаки и различные мировые катастрофы прочно связали ядерную энергию со смертью. Однако на ее счет очень мало смертей, особенно в сравнении с другими источниками энергии, такими как ископаемое топливо, из-за которого люди гибли и гибнут тысячами в дорожных авариях и во время пожаров в нефтехранилищах и на заводах по переработке нефти. Однако один из самых известных случаев смерти был связан с радиоактивным элементом, полонием-210. Речь идет о гибели в Лондоне бывшего российского подполковника госбезопасности Александра Литвиненко. Его агония в ноябре 2006 года длилась почти три недели, и все видели, как молодой мужчина стареет, усыхает и в конце концов умирает. Полоний (а именно его изотоп, массовое число которого $A = 210$), найденный Марией Кюри, — это последний элемент ряда уран-238. Из-за короткого периода полураспада (всего 138 дней) его концентрация в натуре очень мала. Дочь Марии, Ирен, также исследовала элемент, и, возможно, именно он стал причиной лейкемии, от которой умерли они обе. Но, в отличие от Литвиненко, исследовательницы после опасного контакта жили еще много лет. Дело в том, что Литвиненко выпил полоний

вместе с чаем в ресторане в гостинице «Миллениум» в Лондоне. Кто обработал тонны настурана, необходимые для его получения? Очень вероятно, что яд был специально приготовлен в ядерном реакторе с помощью бомбардировки висмута-209, стабильного изотопа, нейтронами высокой энергии, порождающими висмут-210, который, в свою очередь, спонтанно распадается, испуская β -частицу и производя полоний-210. Реакция синтеза следующая:



а реакция распада:



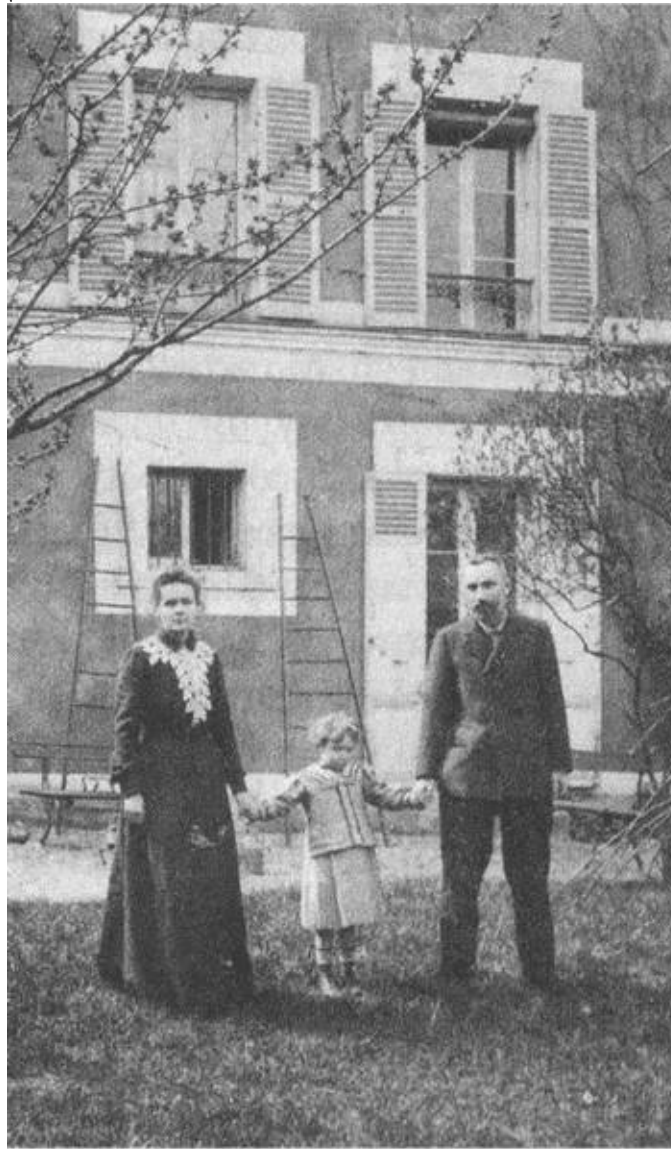
α -частицы атаковали волосяные фолликулы, слизистую кишечника, почки и печень Литвиненко, но смерть наступила, когда был разрушен костный мозг. Кто мог быть так заинтересован в смерти Александра, что готов был заплатить от 1 до 10 миллионов долларов за полоний, который его убил?

* * *

Однако факты были упрямы: радиоактивное излучение было молчаливым и невидимым ядом, который подтачивал здоровье всех, кто регулярно контактировал с ним, никак себя не проявляя, пока не становилось слишком поздно. Как ни удивительно, Мария, которая первая обнаружила излучение и много с ним работала, дожила до 67 лет — солидного возраста для женщины в то время. Несмотря на частые недомогания, она вела бурную деятельность почти до самой смерти и поэтому даже не задумывалась о том, что ее опыты смертельны.

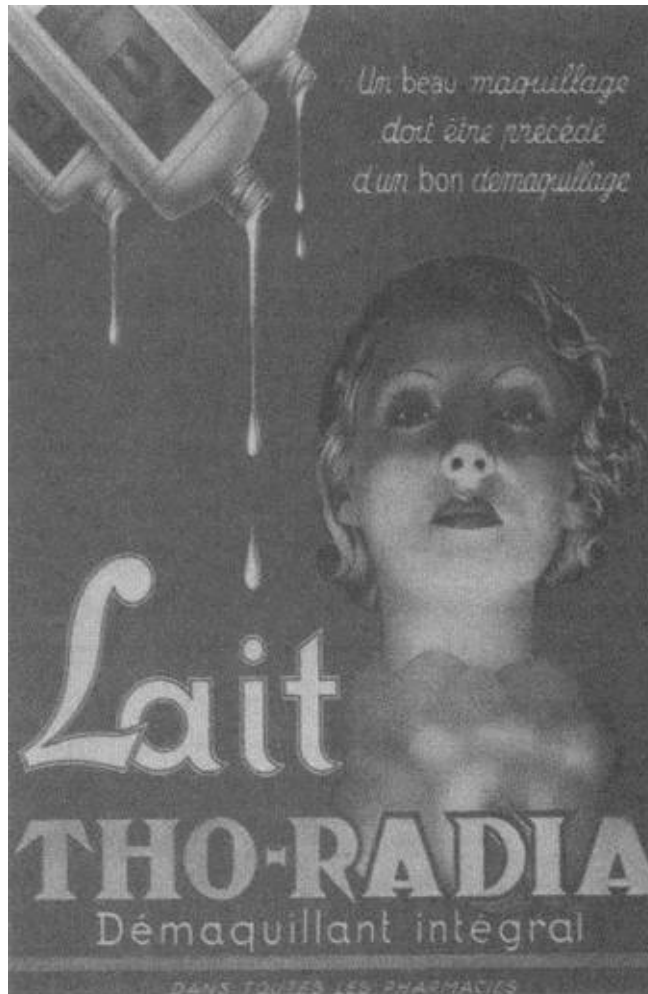
В начале XX века было очень далеко до того, чтобы представить все опасности радия, поскольку новый элемент воспринимался как панацея от всех недугов, от кожных заболеваний до артроза, ревматизма или депрессии, не говоря уже обо всех типах рака. Среди наиболее

любопытных способов применения радия следует отметить способ, предложенный врачом Альфредом Кюри (он не имеет никакого отношения к семье Кюри), который в 1911 году представил диссертацию об изучении расщепления позвоночника в Парижском университете. Через несколько лет он занялся более прибыльным делом и запатентовал крем для лица под названием Tho-Radia. Ингредиентами, как это видно из названия, были 0,5 г хлорида тория и 0,25 мг бромида радия на каждые 100 г крема. В рекламе обещали, естественно, сияющую кожу. Также известно, что некий египетский фармацевт запатентовал более 100 препаратов на основе радия с такими говорящими названиями, как Radioskin, Radiobust или Radiviril.



Пьер и Мария со своей дочерью Ирен на фотографии, сделанной в 1906 году, в год смерти

ученого.



Реклама Tho-Radia, крема для лица, в состав которого входили хлорид тория и бромид радия.



Нобелевская премия, врученная супругам Кюри в 1903 году за открытие радиоактивности.

ПОЛУЧЕНИЕ РАДИЯ И ПОЛЕМИКА ВОКРУГ ПОЛОНИЯ

После того как Мария несколько лет посвятила извлечению радия, в начале 1902 года ей удалось выделить чуть больше десятой части грамма (120 мг) чистого хлорида радия, на основе чего она установила атомную массу радия, 225 ± 1 , что довольно близко к его реальному значению (226,03). Получение этого мельчайшего количества требовало не только многих лет работы, но и необычайных знаний химии, с учетом тех процессов, в которых был задействован радий. Для радиоактивного ряда, показанного в таблице Резерфорда и Содди, процесс распада никогда не прекращается; любой дочерний элемент, происходящий от распада родительского элемента, также распадается, и оба делают это в определенном ритме. Следовательно, наибольшая пропорция между дочерним и родительским элементами задана частным от их периодов полураспада. Поскольку у урана (родительского элемента) он равен 4500 миллионов лет, а у радия (дочернего элемента) — 1600 лет, в минерале, в котором содержатся они оба, наибольшая пропорция радий/ уран, которую можно найти, равна $1600/4470000000$, то есть $1/2800000$, примерно 1 грамм/3 тонны.

Однако Мария работала не с чистым ураном, а с остатками одной из его руд, которые были загрязнены различными примесями, так что наибольшая пропорция приближалась к 1 грамму радия на 10 тонн материала. С другой стороны, радий и барий имеют очень схожие химические свойства, поэтому часть радия вполне могла быть захвачена барием, который, кроме того, имелся в опытном образце в намного большей пропорции. Что самое худшее, Мария не знала природу процессов, связанных с радиоактивностью, а также свойства радия и причины его тесной связи с ураном. Не думала она и о том, что его концентрация так ничтожна. Возможно, если бы она предполагала подобное, то просто не взялась бы за работу.

В связи с этим получение 120 мг хлорида радия было подвигом не только с химической, но и с физической и радиологической точек зрения. Кроме того, большую часть процесса Мария провела сама, поскольку как только Пьер убедился в существовании радия, он занялся исследованиями свойств лучей и их воздействия на человеческий организм.

Через некоторое время после выделения хлорида радия Мария

написала своему отцу в Варшаву, сообщив ему эту долгожданную новость. Хотя его здоровье было уже сильно подорвано, у Владислава еще нашлись силы поздравить дочь и пошутить, что, судя по приложенным усилиям, это самый дорогостоящий элемент в истории человечества. Владислав умер через шесть дней, и Мария приехала на его похороны.

В декабре 1902 года, когда казалось, что проблемы с радием уже позади (хотя на самом деле они только начинались), возникла ожесточенная полемика вокруг полония. Немецкий физик Вильгельм Марквальд из Берлинского университета опубликовал статью, в которой утверждал об открытии нового химического элемента. Он назвал его радиотеллуrom, поскольку химические свойства элемента были схожи со свойствами теллура из группы кислорода. Этот радиоэлемент был не чем иным, как полонием, которому Мария дала название в память о своей тогда не существующей стране, хотя это выяснилось не сразу. Полемику невольно разожгли Мария и Пьер, которые в статье 1902 года утверждали, что полоний — это разновидность висмута, и еще не доказано, что это новый элемент. В другой статье, опубликованной Пьером в следующем году, говорилось, что радий — единственный радиоактивный элемент, существование которого несомненно доказано. Однако Мария не поддерживала эту слишком болезненную реакцию на открытие Марквальда. Кроме того, немецкого ученого подбадривало и утверждение, сделанное супругами Кюри, о том, что активность полония медленно уменьшается, в то время как активность его радиотеллура оставалась постоянной.

У Марквальда был доступ к большим количествам остатков настурана в Йоахимстале, и он в своей лаборатории располагал лучшими инструментами. Однако, повторив процедуру Марии для выделения нового элемента, пользуясь последовательными осаждениями, ученый не получил радиотеллур в чистом виде и воспользовался электрохимическими методами, которые привели к победе там, где Мария потерпела поражение. Таким образом, Марквальд смог получить небольшое количество чистого вещества. Он поместил радиотеллур в группу периодической таблицы, которая ему соответствует в действительности, — группу кислорода. Через несколько месяцев после появления статьи Марквальда Мария пренебрежительно отвергла это название в приложении к своей докторской диссертации: «Выбор нового названия для этого вещества — ерунда, с учетом известного на сегодняшний день».

Но дело на этом не окончилось. Марии потребовалось девять месяцев интенсивной работы для того, чтобы опровергнуть аргументы Марквальда.

Сначала она усомнилась в неизменности активности радиотеллура в течение достаточно долгого периода. Марию поддержал и Фредерик Содди, который в статье, опубликованной в 1904 году, заметил Марквальду, что постоянство радиоактивности противоречит тому, что было известно на то время о радиоактивных веществах. Также Содди утверждал: большая часть ученых будет согласна с доводами Марии о том, что наблюдается явная попытка дать новое название полонию. Наконец, Содди предоставил окончательный аргумент, который означал победу Марии, — закон о распаде радиоактивных веществ.

Повторив и дополнив свои эксперименты, Марквальд убедился, что Мария и Содди оказались правы: активность радиотеллура со временем уменьшается. Он определил, что время полураспада элемента составляет 139,8 дня. В свою очередь, Мария на основе пяти образцов, полученных осаждением, и еще одного, обретенного «очень подходящим методом электролиза», который предложил Марквальд, определила, что для полония этот период составляет 140 дней. Мария сделала вывод: это определенно доказывает, что речь идет об одном и том же элементе. Так как она не была членом Французской академии наук, Пьер, которого в конце концов туда приняли, взял на себя представление от ее имени этих результатов, что и произошло 29 января 1906 года, и это стало его последним научным сообщением перед смертью. Кроме того, Мария опубликовала опровержение на немецком, чтобы доказать соотечественникам Марквальда, до какой степени тот ошибся. В конце концов Марквальд благородно отказался от названия «радиотеллур» и согласился на «полоний». Пытаясь скрыть свою уязвленность, немецкий физик несколько иронично процитировал слова Уильяма Шекспира:

Что значит имя? Роза пахнет розой, хоть розой назови ее, хоть нет.

Но у полония, без сомнения, было что-то от радиотеллура, поскольку, как мы уже сказали, теллур и полоний входят в одну группу периодической таблицы. С тех пор было принято, что период полураспада — это подходящий показатель для идентификации радиоэлемента.

ПРИЗНАНИЕ В БРИТАНИИ И ДОКТОРСКАЯ СТЕПЕНЬ В СОРБОННЕ

Работа Марии и Пьера больше ценилась за границей, чем во Франции, и в начале лета 1903 года супружеская пара получила приглашение Королевского института Великобритании, расположенного в Лондоне. Там они были тепло приняты лордом Кельвином, который восхищался работой Пьера еще с открытия пьезоэлектричества. Также супруги познакомились с Уильямом Круксом, изобретателем трубок, которые носят его имя и которые позволили изучать катодные лучи, и с шотландскими учеными, сэром Уильямом Рамзаем, открывателем благородных газов, и сэром Джеймсом Дьюаром, в честь которого названы сосуды, позволяющие хранить жидкости при низкой температуре, и с которым чуть позже Пьер будет изучать тепло, излучаемое радием. Пьер сделал доклад по своей работе

19 июня, на одном из знаменитых заседаний Королевского института (их называли «пятницами»). Он прочитал лекцию и осуществил ряд экспериментов, которые показали способность радия воздействовать на фотопленку и излучать тепло. В конце концов ученый изумил публику, выключив свет и продемонстрировав потрясающее свечение, исходящее от радия. Заседание оставило неизгладимое впечатление, поскольку во время экспериментов Пьер пролил немного раствора, содержащего соль радия. Через 50 лет группе ученых из Гарвелловской лаборатории пришлось обеззараживать конференц-зал.

Спустя некоторое время после возвращения в Париж, 23 июня 1903 года, Мария представила в Сорбонне свою докторскую диссертацию «Исследование радиоактивных веществ». В ней она не только собрала результаты собственных исследований, но и представила общую панораму новой научной области, которая появилась на основе ее работ:

«Наши исследования о новых радиоактивных веществах породили отдельное научное движение и стали отправной точкой для многочисленных работ, связанных с исследованием этих веществ и изучением лучей, испускаемых известными радиоактивными веществами».

На публичной защите диссертации и в первом варианте работы Мария

не сосредотачивалась ни на одной из известных теорий объяснения радиоактивности, но в переиздании от 1904 года она добавила теорию Эрнеста Резерфорда об атомном распаде. Любопытно, что новозеландский ученый с супругой в день защиты диссертации Марии находились в Париже. Именно в этот день ему в руки попало приглашение Марии посетить ее лабораторию, отправленное несколько месяцев назад в открытке. Открытка побывала в лабораториях почти всего мира, прежде чем догнала ученого. Когда Резерфорд пришел в лабораторию, Марии, естественно, там не было. Восхитившись тем, как исследовательница могла работать в таких спартанских условиях, Резерфорд и его супруга присоединились к праздничному ужину в доме физика Поля Ланжевена по случаю успешной защиты диссертации. Ланжевен был учеником Пьера в Школе промышленной физики и химии и партнером Резерфорда в Кавендише под руководством Дж. Дж. Томсона.

Резерфорд был очень благодарен Марии за присланный образец радия, который был намного активнее, чем его образцы тория, и это позволило внести ясность в поведение различных типов лучей в магнитных полях. Кроме того, в противоположность большинству своих коллег, Резерфорд совершенно не сомневался в интеллектуальных способностях женщин. Иначе не могло и быть, ведь ученый был зятем одной из суфражисток, которые в Новой Зеландии, первыми в мире, добились для женщин избирательного права. Резерфорд высоко ценил работу Марии, его не отталкивали ни ее суровая манера поведения, ни манера одеваться. Неудивительно, что с самого начала между учеными возникла дружба, которая помогала Марии справиться со всеми столкновениями, которые происходили у нее с ближайшим окружением Резерфорда, особенно с химиком Болтвудом.

У всех присутствующих остались приятные воспоминания о вечере, который завершился обычным для Пьера финалом — демонстрацией раствора радия в темноте. Все также обратили внимание на его распухшие и покрасневшие пальцы, которые едва могли удерживать пробирку, — именно из-за этих дрожащих пальцев несколькими днями ранее он и пролил часть содержимого емкости в Королевском институте в Лондоне.

Конец лета был совсем не таким приятным, каким должен был быть после защиты диссертации, потому что здоровье Пьера и Марии было сильно подорвано. В довершение всего или, возможно, вследствие этого недомогания в августе 1903 года после изматывающего велосипедного путешествия Мария на пятом месяце беременности родила девочку, которая, естественно, не выжила. Исследовательница поехала из Парижа в

соседнюю деревню, чтобы найти место, где они с Пьером и Ирен провели бы летние каникулы. Эта велосипедная поездка стала просто последней каплей — Мария плохо себя чувствовала с первых месяцев беременности и все это время продолжала работать с концентрированными растворами полония и радия и регулярно получала дозы радиации, опасные для любого человека, а не только для женщины в положении. Вполне возможно, что у исследовательницы была анемия и другие гематологические заболевания. Мария была страстной сторонницей упражнений на свежем воздухе в качестве лекарства от всех недугов, поэтому планировала отпуск в деревне. В целом это был неплохой вариант, поскольку позволил бы ей сделать перерыв в экспериментах, но чрезмерные усилия оказались фатальными для беременности. Преждевременные роды очень сильно повлияли на Марию как физически, так и психологически, так что после этого она несколько месяцев провела вдали от лаборатории, испытывая нехватку сил. Когда в ноябре этого года супруги получили ценную медаль Дэви, вручаемую британским Королевским обществом, Мария не смогла поехать за ней вместе с Пьером.

ВРУЧЕНИЕ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ

В конце 1903 года супруги получили радостное и неожиданное известие: за открытие радиоактивности Шведская академия наук присудила им совместно с Анри Беккерелем Нобелевскую премию по физике. Однако не обошлось без споров. В исходном предложении фигурировали только Пьер Кюри и Анри Беккерель, и тогда Густав Миттаг-Леффлер — влиятельный член Шведской академии и покровитель еще одной женщины-ученого, русского математика Софьи Ковалевской — сообщил об этом Пьеру. Как говорится в книге Радваньи о чете Кюри, Пьер ответил:

«Мне бы хотелось, чтобы мои труды в области исследования радиоактивных тел рассматривали вместе с деятельностью госпожи Кюри. Действительно, именно ее работа определила открытие новых веществ, и ее вклад в это открытие огромен (также она определила атомную массу радия)».

При вручении премии возник еще один спорный вопрос: к какой дисциплине относятся работы о радиоактивных телах — физике или химии? Пьер и Анри были физиками, но работа, которую провела Мария, лежала в основном в области химии. Кроме того, совершенные открытия вносили изменения в чисто химические понятия о природе и стабильности элементов. В конце концов, им вручили премию по физике, хотя Академия не исключала вручение в будущем еще одной премии, в области химии.

Награду вручал король Швеции. На торжественном мероприятии присутствовал только Анри Беккерель — супруги Кюри, не склонные к пышным церемониям, сослались на занятость. Академических задач перед ними стояло действительно много, но главной причиной отсутствия Кюри в Стокгольме были проблемы со здоровьем. Пьер страдал от болей в руках и ногах, которые стали такими сильными, что ему было сложно одеваться. Любопытно, что для их смягчения он принимал стрихнин, который, как мы сегодня знаем, является сильным ядом. Мария в это время еще не восстановилась после преждевременных родов.

Однако, хотя Мария и Пьер не поехали в Стокгольм, они произвели фурор во Франции. Беккерель был признанным ученым, а вот молодая пара, которая вела суровую спартанскую жизнь и работала в очень тяжелых условиях, далеких от пышности старинных академических учреждений

Франции, была чем-то необычным. Если до этого о Кюри даже в академической среде мало кто знал, то теперь они превратились в кумиров прессы, в модную пару, у которой все хотели взять интервью и о которой желали знать все. Этот ужасный взрыв популярности необратимо изменил жизнь супругов. К тому же общество начало иначе воспринимать эту научную награду, которая до сих пор обсуждалась только среди ученых, но не привлекала внимание публики, больше интересующейся Нобелевскими премиями в области литературы и сохранения мира. Общественное значение Нобелевских премий в научной сфере делится на периоды до и после награждения четы Кюри.

Хотя Мария и Пьер с горечью жаловались на «потерянный» год и на вторжение в личную жизнь, награждение имело и приятные последствия, например в виде новой должности для каждого из них и достойной лаборатории для обоих. Признание их работы престижным иностранным учреждением, которое находилось под покровительством самого короля Швеции, говорило о необычайном ее качестве. С другой стороны, появившиеся в прессе многочисленные фотографии сарая, в котором Кюри проводили большую часть своих экспериментов, говорили об отношении к ним во Франции. Журналист Альфонс Берже, как говорит Сорайя Будиа в своем произведении, посвященном чете Кюри, утверждал: «Для нас, французов, вручение Нобелевской премии чете Кюри — одновременно слава и стыд».

* * *

ЕВА КЮРИ

Ева, вторая дочь Марии и Пьера, была первым и самым страстным биографом своей матери, настоящей создательницей мифа мадам Кюри. Она прожила достаточно долгую жизнь и присутствовала в качестве почетной гостьи президента Франции Франсуа Миттерана и президента Польши Леха Валенсы при торжественном акте переноса останков ее родителей во французский Пантеон в 1995 году. Ева умерла в возрасте 102 лет, достигнув успеха как пианистка, писательница, журналистка и филантроп. Так сложились обстоятельства, что все ее самые близкие родственники получили Нобелевские премии: ее

родители — по физике, мать — еще одну по химии, сестра и зять — по химии, а ее муж, Генри Ричардсон Лабуасс, — премию мира от имени ЮНИСЕФ, организацию, которую он возглавлял с 1965 по 1979 год. Несколько раз Ева шутила, что она — позор семьи, поскольку единственная не получила Нобелевскую премию. В годы замужества за Лабуассом Ева активно участвовала в деятельности ЮНИСЕФ.



Мария Кюри со своими дочерьми Ирен и Евой в 1921 году во время их путешествия в США.

* * *

Нет ничего странного в том, что в начале 1904 года для Пьера была создана кафедра физики в Сорбонне, через некоторое время дополненная лабораторией. Возглавила ее Мария, которая наконец-то начала получать

материальную компенсацию за свой научный труд. Нужно было получить Нобелевскую премию, чтобы ей стали платить как ученому.

Мария возобновила работу в лаборатории и вернулась к урокам на старинной фарфоровой фабрике мадам Помпадур в Нормальной школе для девушек в Севре. Хотя подготовка к урокам требовала времени, эти занятия, должно быть, помогали восстановиться ее здоровью, поскольку удерживали вдали от лаборатории три дня в неделю. В следующем году Мария снова забеременела, и в этот раз все прошло благополучно. В декабре 1904 года, ровно через месяц после переезда в новую лабораторию в Сорбонне, родилась Ева, прелестная здоровая девочка.

Как и после рождения Ирен, Мария вернулась к работе через несколько месяцев после родов, а Ева осталась на попечении польских кормилиц и бабушки Эжена. Время Марии по-прежнему распределялось между работой в лаборатории и уроками в Севре, где в число ее коллег входил Поль Ланжевен.

Пока супруги Кюри восстанавливали жизненный ритм после получения премии и рождения дочери, Резерфорд продолжал разгадывать загадки атома. В 1904 году он опубликовал трактат «Радиоактивность», в котором были собраны все результаты, полученные в этой области со времени открытия таинственных лучей Беккерелем. Без тщеславия, но и без ложной скромности старый игрок в регби продолжал свою удивительную карьеру.

В июне 1905 года Пьер и Мария достаточно окрепли для того, чтобы поехать в Стокгольм и забрать премию, присужденную им два года назад. А в июле, после ряда обязательных визитов, требуемых для проведения голосования, Пьер Кюри наконец был принят во Французскую академию наук. После получения Нобелевской премии казалось, что финансовые трудности и проблемы признания во французских учреждениях остались позади. Но здоровье Пьера и Марии уже было не вернуть; они оба были без сил, особенно Пьер. Однако он вопреки всему не только продолжал давать уроки в Сорбонне, но и снова взялся за работу в лаборатории. Также в качестве члена академической системы Франции он принимал активное участие в работе ассоциаций, которые намеревались реформировать такие институты изнутри. Пьер хотел положить конец корпоративности, которая закрывала дорогу блестящим исследователям, не получившим образование в престижной школе, как это произошло с ним самим.

Но однажды дождливым весенним днем после завершения собрания ассоциации прогрессивных преподавателей Сорбонны все надежды, иллюзии и разочарования Пьера Кюри были смяты экипажем,

перевозившим военное снаряжение. Одно из колес кареты переломило исследователю череп. Произошло это на улице Дофин, рядом с Новым Мостом, 19 апреля 1906 года.

ВДОВА

Через некоторое время после смерти Пьера Мария начала вести дневник, который был опубликован только в конце прошлого века. Первая запись, датированная 30 апреля 1906 года, была посвящена мужу. В дневнике Мария изливала свою боль в бесконечном письме, которое не предназначалось никому из мира живых.

Дорогой Пьер, я никогда больше не увижу тебя здесь, я хочу разговаривать с тобой в тишине этой лаборатории. Никогда не думала, что мне придется жить без тебя.

Мария Кюри, дневник, 1906–1907

Из-за потери Пьера она чувствовала себя сломленной, но нежелание выносить боль утраты на всеобщее обозрение было еще сильнее, поэтому Мария старалась держаться как прежде, и лишь иногда отчаяние выплескивалось наружу. Однажды это произошло, когда Жак, брат Пьера, приехал из Монпелье на его похороны, в другой раз — в ее комнате, через несколько недель после смерти Пьера, когда Мария решилась открыть пакет с его окровавленной одеждой. Она взяла одежду и начала разрезать ее, а потом вдруг принялась целовать и гладить, пока Броня не забрала вещи и не бросила в огонь. Мария расплакалась в объятиях сестры. С тех пор она закрылась в глубоком молчании и, казалось, превратилась в человека, лишенного чувств. Ласковая и полная жизненных сил женщина словно ушла в могилу вместе с любимой фотографией мужа, которую Мария распорядилась положить к нему в гроб. На ней была изображена «маленькая студентка», снятая на балконе дома Длуских спустя некоторое время после прибытия в Париж.

Исследовательница отказалась от пенсии, которую ей предложило правительство (президент лично пришел выразить соболезнования из-за смерти Пьера), сославшись на то, что она молода и может обеспечивать и себя, и дочерей. Она отказалась и от пышных памятных церемоний, которые организовали те, кто столько раз поворачивался к Пьеру спиной, пока он был жив. Она отвергла денежные сборы, которые с самыми добрыми намерениями организовали товарищи Пьера. Она отказалась от

смеха, отказалась от радости. Она отвергла дочерей, которые слишком напоминали ей мужа, и в течение нескольких лет была не в состоянии упоминать о нем в их присутствии.

Дедушке Эжену пришлось не только занять место умершего отца, но и дарить своим внукам родительскую нежность, поскольку сама мать, казалось, превратилась в ледяную статую. Мария оставила свой дом на бульваре Келлерман, где они жили с Пьером в последние годы, и переехала в деревню в Со, где жил Пьер, когда они познакомились, — так можно было ходить на его могилу. В деревне она обосновалась с дедушкой Эженом, девочками и польскими кормилицами. Изредка она заходила в лабораторию, где еще чувствовалось присутствие Пьера, и это давало ей хоть какое-то утешение. Несмотря на всю боль Мария погрузилась в работу. Через две недели она уже отвечала на научную корреспонденцию, через месяц — вернулась к экспериментам, и снова в ее тетради появились вереницы бесконечных чисел с результатами измерений.

Единственное, от чего Мария не отказалась, так это от предложения, которое по настоянию друзей Пьера и коллег-ученых ей сделала Сорбонна, — занять должность мужа. Первого мая 1906 года она была назначена ответственным за курс преподавателем на кафедре, созданной для Пьера, с зарплатой 10 тысяч франков в год и дополнительным финансированием для продолжения исследований. Крещение огнем состоялось 5 ноября 1906 года, когда в 13.30 она начала свое первое занятие в маленьком амфитеатре в Сорбонне. Он был полон разношерстной публики, включая дам из высшего общества в огромных шляпах, журналистов, скрывающихся под видом зевак, учеников Марии из Нормальной школы в Севре, преподавателей университета, коллег по лаборатории и даже некоторых школьников. Она никак не выдала своих эмоций и говорила о Пьере только как об ученом, который внес значительный вклад в тему, являющуюся предметом ее исследований. Когда занятие закончилось и в амфитеатре раздались аплодисменты, она ушла так же тихо, как и вошла.

Глава 4.

ЖИЗНЬ БЕЗ ПЬЕРА

После смерти Пьера Мария продолжила исследования, хотя ее научная деятельность сильно изменилась в 1911 году после скандала с Ланжевенном — грубой атаки со стороны недавно появившейся желтой прессы.

В том же году Кюри получила вторую Нобелевскую премию, а когда разразилась Первая мировая война, Мария защищала страну, объезжая фронт с рентгеновским оборудованием.

Жизнь продолжалась, и Мария не могла остаться в стороне. Ей нужно было вести уроки в Сорбонне, работать в лаборатории, организовывать исследования, а также искать финансирование для обеспечения будущего. И конечно, она не должна была забывать о девочках. Мария сделала все, что могла, и это было намного больше, чем можно было ожидать даже от такого активного человека. Но ситуации, с которыми ей пришлось столкнуться, были по силам далеко не всем. Марии удалось преодолеть все трудности, пожертвовав временем, энергией и здоровьем, которые так необходимы были, чтобы ответить на научные вызовы.

Через некоторое время после смерти Пьера, в августе 1906 года, лорд Кельвин сделал в газете «Таймс» несколько заявлений, в которых поставил под сомнение существование радия. Это заявление потрясло все лаборатории, где изучалась радиоактивность, но особенно лабораторию Марии, которая потратила всю свою энергию на получение образца радия с помощью Андре Дебьерна. В 1910 году с помощью электролиза они получили белое блестящее твердое вещество, содержащее в основном RaCl_2 , следуя процессу, похожему на тот, что использовал Марквальд, а затем — Мария для получения полония.

После окончания этой изнурительной работы обнаружилось, что Мария — единственный французский ученый, награжденный Нобелевской премией, но не являющийся членом Академии наук, и коллеги попросили ее представить свою кандидатуру. Однако Кюри была не единственным кандидатом на вакантное место, с ней соперничал Эдуард Бранли (1844–1940) — достаточно авторитетный ученый.

Оба они в глазах коллег имели и достоинства, и недостатки. Например,

минусом Марии стало не «полностью» французское происхождение, а кроме того, некоторые академики подозревали, что она в науке была лишь тенью мужа. Бранли, в свою очередь, обвиняли в предательстве государственных французских учреждений, поскольку он оставил Сорбонну, чтобы занять кафедру в Парижском католическом институте — частном учебном заведении. Итак, Бранли представлял религиозный сектор, и его поддерживала самая консервативная часть академии. За Марию стояла более прогрессивная и динамичная часть ученых, которые хотели реформировать это классическое учреждение, хотя сам тот факт, что женщина без мужа хочет получить воздаяние за свои заслуги, возмущал как консерваторов, так и прогрессистов.

Благодаря известности, которую Нобелевская премия и смерть Пьера принесли Марии, спор вышел за рамки академических кругов и занял первые страницы газет. И та же самая пресса, которая совсем недавно восхищалась научными открытиями молодой пары, работавшей в стесненных условиях, и оплакивала вместе с Марией смерть Пьера, была довольно агрессивна по отношению к вдове, которая хотела большего. Выборы состоялись в 1911 году, и Мария проиграла два голоса. Это было плохое начало года, который и закончился так же катастрофически.

Одним из самых негативных эффектов отказа, который пережила Мария, стало то, что она сильно ограничила свои связи с другими членами академии. Также она перестала отправлять статьи в журнал «Труды Академии наук», куда французские ученые представляли свои работы для быстрой публикации.

БУРНЫЙ ГОД

В Школе промышленной физики и химии у Пьера был один особенно блестящий студент с явным научным призванием — Поль Ланжевен. Поль занял должность Пьера, когда тот получил кафедру в Сорбонне, и был коллегой Марии в Нормальной школе в Севре. Их отношения вышли за профессиональные рамки и переросли в дружбу, распространившись на супругу Ланжевена, когда он женился, а затем и на его детей, входивших в избранную группу из десяти учеников товарищества, которое Мария организовала после смерти Пьера, чтобы дать образование своим дочерям и детям ее друзей и коллег. Поль был чуть моложе Марии и тщательно следил за своей внешностью — известно, что он был обладателем впечатляющих набрильянтированных усов.

Весной 1910 года Мария сняла черные одежды, которые носила после смерти Пьера, начала украшать себя цветами и, казалось, помолодела. Хотя ее друзья радовались тому, что она наконец-то оставила траур, сначала они не знали о причине этой перемены. Через некоторое время Мария все объяснила сама: ее отношения с Полем Ланжевенем перешли границы чистой дружбы. Похоже, что этому повороту способствовала сама супруга Ланжевена, которая пожаловалась Марии на суровое обращение мужа. Когда Мария попыталась поговорить с ним, Ланжевен взорвался и рассказал ей, как во время последней ссоры, вызванной финансовыми трудностями, его супруга разбила бутылку о его голову. Также он объяснил Марии, что его жизнь дома невыносима, что жена и теща оскорбляют его и постоянно требуют денег.

Хотя они оба были скромного происхождения, жена Поля не разделяла его любви к науке и не понимала, почему ее муж отказывался от хорошо оплачиваемой работы в промышленности и продолжал давать уроки в Сорбонне и Нормальной школе в Севре, а затем бесконечные часы проводил в своей лаборатории, получая за все это нищенскую зарплату. Мария была в ужасе — как и Маргарита Борель, супруга математика Эмиля Бореля, которая также входила в этот тесный круг и которой он также это рассказал. После особенно серьезной ссоры, в которой, похоже, участвовала не только жена, но и теща, Поль снял квартиру рядом с лабораторией, а Мария начала навещать его и строить планы на совместную жизнь.

Супруга Поля, которая не обладала таким интеллектом, как Мария, не

стала сидеть сложа руки: она выследила мужа, ворвалась в его квартиру и выкрала письма Кюри. Это было начало шантажа Поля и смертельных угроз Марии. По просьбе Ланжевена его друг, будущий нобелевский лауреат по физике Жан Перрен, нанес несколько визитов его жене, чтобы успокоить ее и предложить мирное решение. Ланжевен беспокоился не столько о себе, сколько о Марии, потому что думал, что его жена способна осуществить все свои угрозы. В этой напряженной атмосфере Поль и Мария раздельно провели лето 1911 года: Поль — в Англии, со своими старшими детьми, а Мария и ее дочери — в Польше, куда она поехала для восстановления здоровья, поскольку неважно себя чувствовала.

* * *

ПОЛЬ ЛАНЖЕВЕН, ОТСУТСТВУЮЩИЙ В НОБЕЛЕВСКОЙ ГАЛЕРЕЕ

Поль Ланжевен (1872–1946) родился в Париже в бедной семье.

Пьер Кюри был его преподавателем в Школе промышленной физики и химии и человеком, который повлиял на его карьеру.

Другие наставники ученого, Анри Пуанкаре и Марсель Бриллюэн, называли его великим физикомтеоретиком, особенно одаренным в математике, который, кроме того, внес значительный вклад в экспериментальную физику.

Ланжевен известен своей теорией о диамагнетизме и парамагнетизме — явлениях, которые Пьер Кюри изучал экспериментально.

Он разработал свою теорию с учетом электродинамики движения электронов, ориентации их магнитных импульсов и беспорядочного теплового движения и объяснил, что диамагнетизм (слабое намагничивание в направлении, противоположном магнитному полю) происходит из-за действия индукции, приводящего к добавочному движению электронов атомов, в то время как парамагнетизм (слабое намагничивание в направлении магнитного поля) — из-за ориентации импульсов спина электронов, компенсируемых полностью или частично тепловым возбуждением. Ланжевен также предложил

применение еще одному явлению, изученному Пьером, — пьезоэлектричеству: его можно было использовать как сонар, для обнаружения акустических сигналов подводных лодок. Ланжевен был активным популяризатором теории относительности и предложил отношение эквивалентности между массой и энергией, подобное формуле Эйнштейна $E=mc^2$, за несколько месяцев до ее публикации в 1906 году. Также ученый был одним из главных распространителей квантовой теории Планка на своей кафедре в Сорбонне, где был известен тем, что умел доступно и точно объяснять самые сложные понятия. Он никогда не избегал общественной деятельности, так что в возрасте немногим более 20 лет подписал манифест в поддержку Альфреда Дрейфуса и в возрасте почти 70 лет был заключен в тюрьму за оппозицию нацистской оккупации. Внук Ланжевена, Мишель, женился на внучке Марии Кюри, Элен Жолио-Кюри.



Поль Ланжевен (справа) и Альберт Эйнштейн (в центре) на мероприятии по укреплению мира, проведенном в Берлине в 1923 году.

* * *

Никто в окружении Марии и Поля не мог представить себе, что семейные неурядицы Ланжевена так жестоко обернутся против Марии. Однажды в прессе в более или менее искаженном виде опубликовали отрывки из ее писем. Так, в газете от 4 ноября 1911 года можно было прочесть, что «огонь радия, который так таинственно горит, зажег пламя в сердце ученого, а его жена и дети теперь плачут...». По мнению газетчиков, горькие слезы детей были вызваны тем, что «Шопен, увлеченный

полонезом», как они называли Ланжевена, сбежал с любовницей за границу. Действительно, они оба были за границей, и даже в одном и том же городе, но не встречались. И Ланжевен, и Кюри посетили Сольвеевский конгресс в Брюсселе, на котором собралось самое яркое созвездие ученых эпохи, здесь присутствовали Эйнштейн, Планк, Вин, Пуанкаре, Резерфорд и де Бройль.

Когда Мария вернулась в Париж, ее ожидало худшее. Разгневанная толпа, подстегиваемая газетами, окружила ее дом. Люди бросали камни в окна, даже разбили несколько стекол, называли Марию блудницей и кричали, чтобы она возвращалась в свою страну. Звучали и такие оскорбления, как еврейка, воровка мужей, чужестранка, *дрейфусарка*... Отголоски дела Дрейфуса, в котором французский офицер еврейско-эльзасского происхождения был ложно обвинен в предательстве, еще не затихли. Самые реакционные слои Франции еще не пережили этот разгром и выместили зло на Марии.

Физическая безопасность Марии и ее детей была под угрозой, так что им пришлось искать убежище в доме Борелей, которые жили в здании, смежном с Нормальной школой, где Борель с недавнего времени был директором. Туда не доносился рев толпы, зато дошел голос министра публичного образования, который призвал Бореля отказать этой женщине в приюте и убедить ее: лучшее, что она может сделать, — это вернуться в свою страну. В противном случае Борелю угрожали снятием с должности. По одной версии, Борель наотрез отказался выполнять эту просьбу, по другой — Маргарита, его жена, заявила, что если уйдет Мария, то уйдет и она тоже.

Среди тех, кто больше всего поддержал Кюри в эти дни, следует отметить ее деверя, Жака Кюри, который, едва узнав о скандале, написал письмо, в котором выразил ей свою поддержку и возмущение произошедшим. Не ограничиваясь этим, он написал в газеты, которые так сурово напали на исследовательницу, говоря об абсолютной преданности Марии его брату, о теплом отношении к его отцу и об их общем счастье в то время, когда они жили вместе. Поддержка Жака была безоговорочной; она не зависела от истинности писем, опубликованных прессой.

Обвинения в прессе набирали обороты, и Гюстав Тери, издатель сенсационной газеты, ксенофоб и антисемит, дошел до намеков на то, что смерть Пьера могла быть вызвана не несчастным случаем. Согласно Тери, это могло быть самоубийство, когда Пьер узнал об отношениях, которые, возможно, начались до его смерти. Ланжевен был вынужден вызвать Тери на дуэль. В ней не было раненых, поскольку Тери не выстрелил, чтобы «не

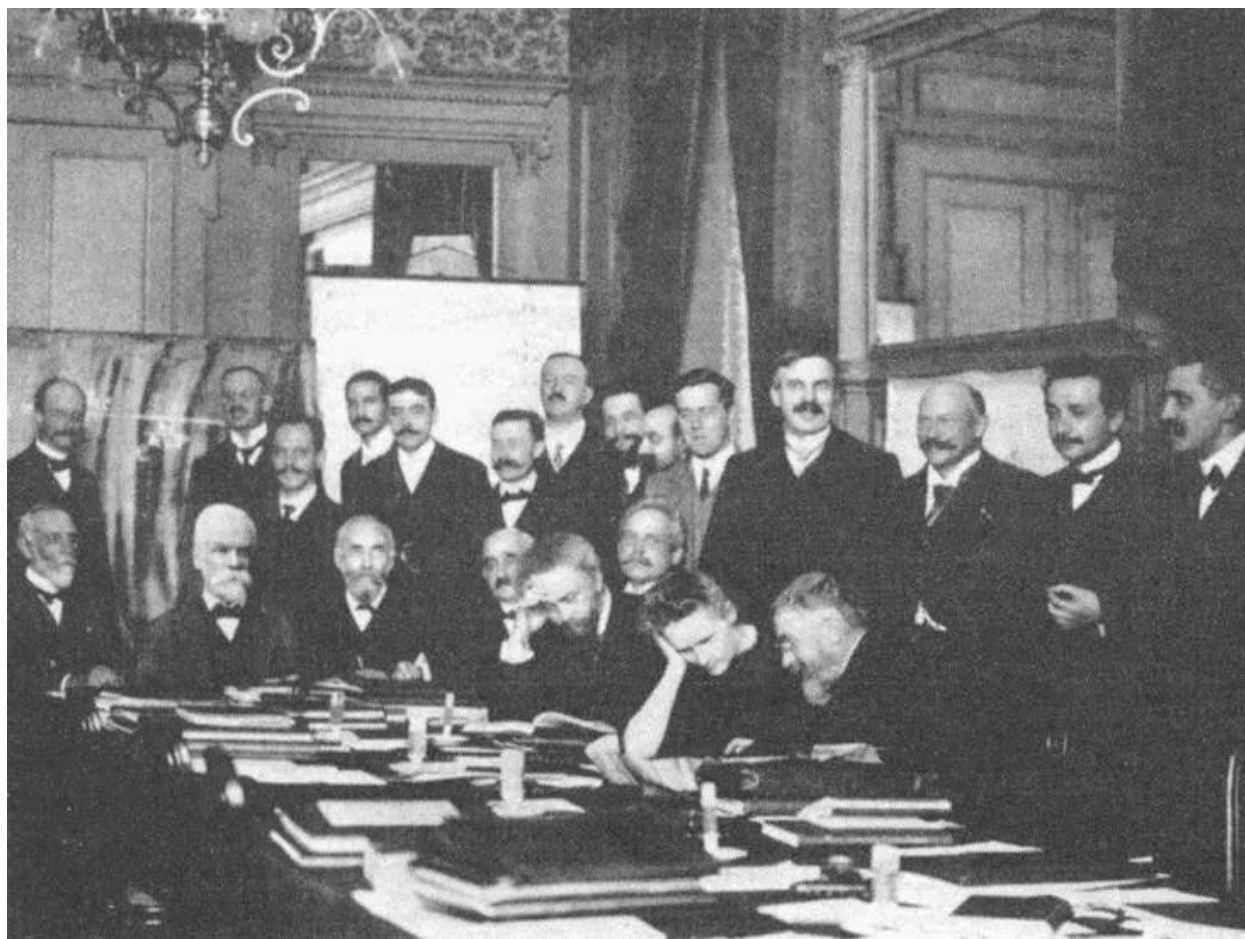
лишать детей отца, а Францию — ценного разума», как он сам это объяснил в газете на следующий день.



После смерти Пьера.



Поль Ланжевэн и Мария вместе с группой учениц и коллег в 1910 году.



Мария и избранная группа ученых, которые присутствовали на Сольвеевском конгрессе в 1911 году (среди прочих и Эйнштейн — второй справа).

Вмешательство друзей и коллег Марии изменило мнение министра, но ее ждали новые сражения. Когда скандал с Ланжевром достиг кульминации, 8 ноября 1911 года Мария получила телеграмму из Стокгольма, в которой сообщалось о присуждении ей Нобелевской премии по химии. Учитывая обстоятельства, Кюри сомневалась в том, что поездка на вручение будет уместной, однако Сванте Аррениус, член Шведской академии и лауреат Нобелевской премии по химии 1903 года, пытался все же уговорить ее присутствовать на вручении награды. Он заверил, что ничего из того, что было опубликовано французской прессой, никак не скажется на церемонии вручения. Однако 1 декабря он прислал новое письмо, в котором говорил, что развитие событий изменило его мнение и что Марии уместнее воздержаться от поездки в Стокгольм, пока она не докажет ложность опубликованных документов. Академик Густав Миттаг-

Леффлер, который уже сыграл определяющую роль во вручении Марии Нобелевской премии, также написал ей, предупредив, что ее отсутствие даст пищу сплетням. Тогда Мария, уже не сомневаясь, ответила Аррениусу 5 декабря:

«Позиция, которую Вы мне рекомендуете, кажется мне грубой ошибкой с моей стороны. Действительно, премия была мне присуждена за открытие радия и полония. Я считаю, что нет никакой связи между моей научной работой и фактами моей частной жизни, которые хотят повернуть против меня в низкопробных публикациях, где они, к слову, полностью искажены. Для начала, я не могу принять тот факт, что на оценку чьей-то научной работы могут повлиять злословие и клевета, связанные с его личной жизнью. Я убеждена, что это мнение разделяют многие люди. Мне очень жаль, что Вы сами так не думаете».

Мария в сопровождении своей дочери Ирен, которой тогда было 14 лет, 11 декабря поехала в Стокгольм получать премию и на следующий день прочитала презентационную лекцию. В ней она воздала должное Пьеру, но также рассказала о своем собственном вкладе в открытие и отделение тех двух элементов, за которые ей присудили премию. Она отдельно упомянула работы Резерфорда и признала величие его теории об атомном распаде, которую тот сформулировал вместе с Содди.

Предвосхищая будущее, она заметила, что из радиоактивности возникла новая химия, которая основывается на использовании не весов, а электрометра. До того времени характерным свойством, по которому можно было идентифицировать химический элемент, была атомная масса, поэтому Мария посвятила долгие годы работы определению атомной массы радия. Ядерная модель атома, которую недавно предложил Резерфорд, и последующее открытие изотопов доказывали некорректность этого определения. Химики продолжили пользоваться весами, но атомная масса теперь стала только одним из свойств химических элементов, а не тем уникальным показателем, благодаря которому элементы можно было безошибочно идентифицировать.

Мария вернулась во Францию без сил. Несмотря на глубокую депрессию, исследовательница попыталась продолжить работу, но у нее возникла серьезная почечная инфекция и другие осложнения, которые заставили сделать перерыв в экспериментах на год. Часть этого времени

она лечилась; а потом она вдруг исчезла — Мария отправилась под своей девичьей фамилией в Англию и нашла там убежище в доме своей подруги — математика Гертты Айртон, которая недавно стала вдовой профессора физики. Супруги Кюри познакомились с супругами Айртон во время поездки в Англию в 1903 году, незадолго до защиты диссертации Марии, и с тех пор хранили дружбу, которая в тяжелое для Марии время очень ей помогла.

Отношения с Ланжевенем сохранились до смерти Марии, но уже в ином качестве. Они поддерживали и научное сотрудничество, и дружбу, но страсть, которая вернула Марии улыбку, умерла на дуэли между Тери и Полем. Похоже, Ланжевен через некоторое время помирился со своей женой, что не помешало ему сделать ярчайшую научную карьеру, за которую, что любопытно, ему так и не вручили Нобелевской премии. В Англии Мария наконец-то нашла покой и возродилась из пепла.

* * *

ЭКСПЕРИМЕНТ ГЕЙГЕРА И МАРСДЕНА

По настоянию Резерфорда Ханс Гейгер и Эрнест Марсден в 1909 году поставили эксперимент, во время которого они бомбардировали тончайшую пластинку из золота толщиной в микрон (1 миллионная миллиметра, то, что ювелиры называют сусальным золотом) α -частицами из радиоактивного источника. Ученые обнаружили, что большинство частиц пронизывает пластинку, практически не испытывая отклонений; некоторые испытывали небольшие отклонения (более 99% частиц отклонялись на угол менее 3°), и, к их удивлению, одна из 10 тысяч частиц отклонялась под углом больше 90° (то есть рикошетировала). Это последнее наблюдение было абсолютно необъяснимым с помощью модели атома Томсона. Резерфорд предположил планетарную модель атома, в которой атом был практически пустым, и именно по этой причине большинство α -частиц не отклонялись от своей траектории при прохождении сквозь золотую пластинку. Рикошетировали те частицы, которые встречались с очень плотной положительно заряженной зоной, которую Резерфорд определил как атомное ядро. В ядре

концентрировалась почти вся масса атома, а его радиус был в 10 тысяч раз меньше, чем радиус всего атома. В атоме электроны (отрицательно заряженные частицы с массой в тысячу раз меньше массы ядра) двигались по орбите вокруг ядра, как планеты вокруг Солнца. Эта модель предполагала другую проблему, поскольку, согласно классической физике, электроны на круговой траектории должны были терять энергию (обладавая противоположным зарядом, они должны были притягиваться ядром) и в итоге упасть на него. Эту проблему через некоторое время решил другой ученик Резерфорда, Нильс Бор.

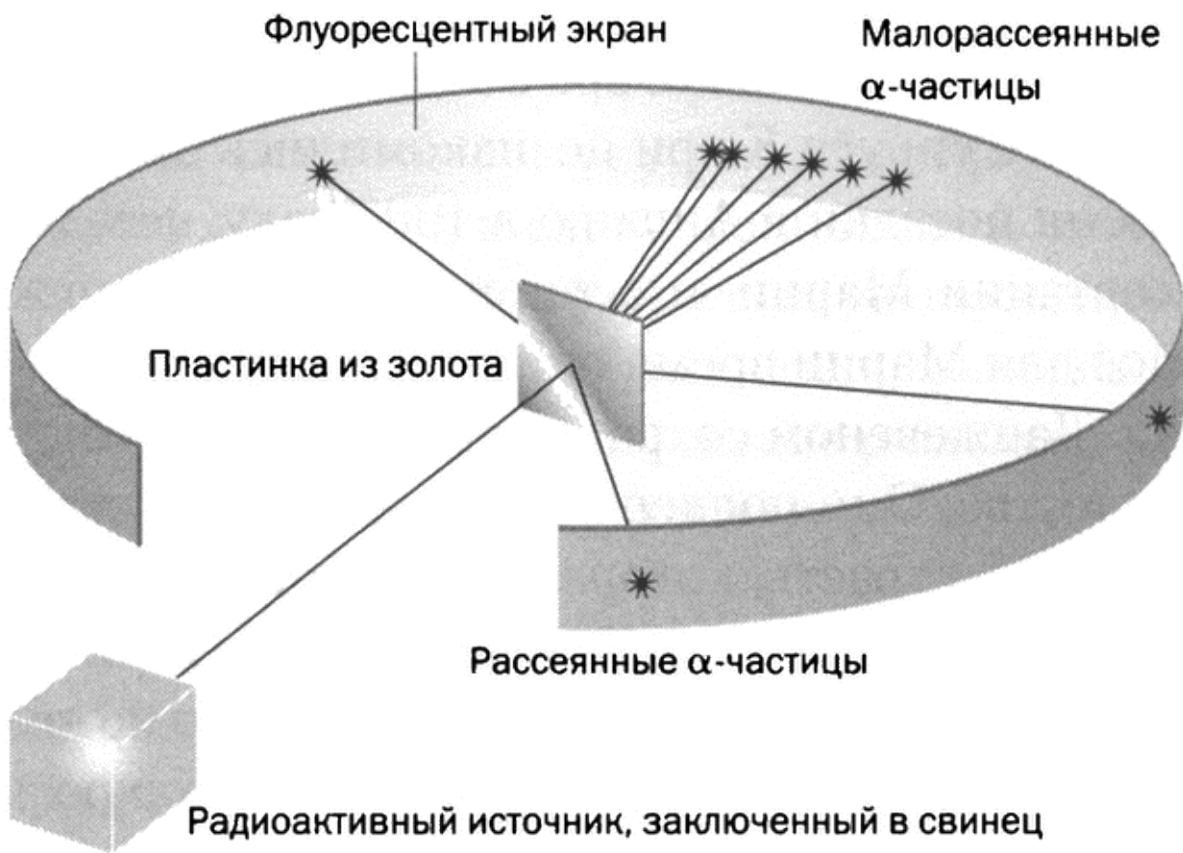
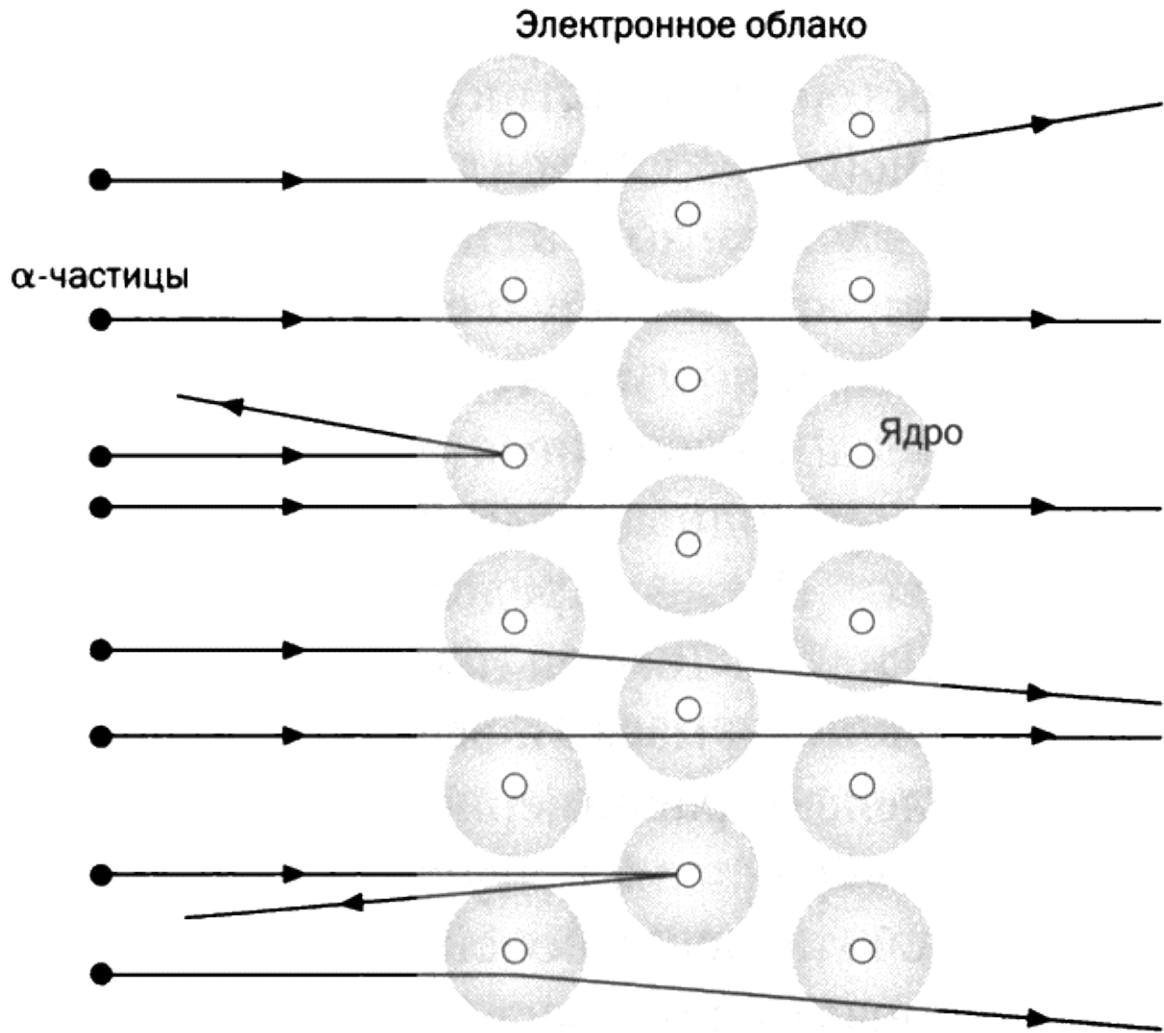


Схема экспериментальной установки Гейгера и Марсдена.



Траектории α-частиц в планетарной модели Резерфорда.

РЕЗЕРФОРД И ОТКРЫТИЕ АТОМНОГО ЯДРА

Что же происходило с тем, кто в молодости был хорошим игроком в регби, а затем раньше всех догадался, что атом может распадаться? Эрнест Резерфорд закончил свою американскую «ссылку» в январе 1907 года, через некоторое время после смерти Пьера. Хотя он получил щедрые предложения от престижных американских университетов, таких как Йель и Стэнфорд, он хотел вернуться в старую Европу, которая все еще была центром мировой науки. Возможность представилась, когда Манчестерский университет предложил Резерфорду кафедру физики: говорили, в Манчестере было лучшее физическое отделение в Великобритании — естественно, после Кавендиша в Кембридже.

Через год после прибытия в Манчестер Резерфорд вместе с Содди получил Нобелевскую премию за открытие процессов радиоактивного распада. Эта награда больше обеспокоила ученого, нежели обрадовала, поскольку ему присудили премию по химии, а он обычно говорил, что наука — это или физика, или коллекционирование марок. Много лет спустя ему по-прежнему нравилось смеяться над тем, что многие химики предпочитают эксперименты абстрактному мышлению, которое казалось делом исключительно физиков. Так, около 1930 года во время одного неформального разговора со студентами-химиками из Оксфордского университета в клубе «Алембик» он сказал: «Если бы вы, химики, меньше работали и больше думали, какие чудесные достижения мы бы наблюдали в вашей науке в ближайшие годы!»

Нобелевская премия не была для Резерфорда целью, скорее наоборот, она знаменовала продолжение еще более блестящей творческой деятельности. Когда ученый обосновался в Манчестере, то вместе с самыми талантливыми учениками, которые когда-либо были у преподавателя, он навсегда перевернул наше понимание материи.

В начале XIX века Джон Дальтон — он также преподавал в Манчестере математику и то, что тогда называли натурфилософией, — воскресил понятие атома, предложенное Демокритом в V веке до н.э., и определил его как наименьшую часть материи, сохраняющую ее свойства. В его модели атомы были твердыми, плотными и неделимыми шарами. Открытия конца XIX века, касающиеся электрической природы материи, сделали очевидным существование субатомных частиц, несущих заряд. После определения отношения заряд/масса электронов Дж. Дж. Томсон

предложил свою модель пудинга, в которой почти вся масса и весь положительный заряд атома были распределены равномерно, в то время как отрицательные заряды были вкраплены в эту массу, как изюминки в пудинг. Эта модель считалась рабочей, но когда Резерфорд раскрыл природу радиоактивного распада, то α -частицы, умело использованные в качестве снарядов его учениками Гейгером и Марсденом, доказывали ее ошибочность. Резерфорд рассказывал на лекции, которую прочитал в Кембридже спустя много лет, в 1936 году:

«Я не думал, что α -частицы могут быть рассеяны на большой угол, потому что мы знали, что они тяжелые и обладают большой энергией. [...] Помню, через два или три дня Гейгер пришел очень возбужденный и сказал, что они «обнаружили несколько отраженных α -частиц». Это был самый невероятный факт, который произошел в моей жизни. Настолько невероятный, как если бы при выстреле 15-дюймовым пушечным ядром в лист бумаги ядро бы срикошетило. Я понял, что это отражение, должно быть, является результатом уникального столкновения, и когда я сделал подсчеты, увидел: невозможно, чтобы имелось что-то величины такого порядка, если только речь идет не о системе, в которой большая часть массы сконцентрирована в крошечном ядре. Именно тогда мне пришла в голову идея об атоме с центром, массивным, крошечным и несущим заряд».

Распределение заряда и массы атома, которое представил себе Резерфорд в 1911 году, очень похоже на то, что мы знаем сегодня. Атом практически пуст, положительный заряд и большая часть массы концентрируются в крошечном ядре, которое находится в центре, в то время как электроны движутся по орбите вокруг него, образуя что-то вроде облака. Если представить, что весь атом, размер которого определяется электронными облаками, имеет размер, равный футбольному полю, то это ядро было бы диаметром с жемчужину. Все химические реакции — это всего лишь модификации распределения электронов, наиболее удаленных от ядра, как движение зрителей на самых верхних ступенях стадиона. Но, как это происходит и во время матча, когда вся публика сконцентрирована на том, что совершается в центре поля, как бы высоко ни находилось место, так и в атоме мельчайшие движения электронов в оболочке определяются взаимодействием с положительным зарядом ядра.

Противоречия планетарной модели атома Резерфорда, в которой

электроны движутся по орбите вокруг ядра, как планеты вокруг Солнца, были сняты одним из его учеников, Нильсом Бором. Этот датский физик, адаптировав квантовую гипотезу Планка, заявил в 1913 году, что электроны стабильны на своих орбитах и не испускают энергию, в противоположность предсказанному классической физикой для заряженной частицы в круговом движении. Постулаты Бора не только делали жизнеспособной планетарную модель Резерфорда, но и объясняли многие предыдущие данные, особенно атомные спектры. В трудах Шрёдингера и Гейзенберга в конце 1920-х годов в итоге появилась квантовая модель атома. Вместе с этим важным теоретическим результатом в лаборатории Манчестера имела место экспериментальная разработка внешне небольшого масштаба, которая, однако, имела чрезвычайное значение: Гейгер разработал прибор, позволявший считать α -частицы по одной. Его счетчик стал необходимым инструментом для всех лабораторий, в которых изучали и изучают радиоактивность.

* * *

СЧЕТЧИК ГЕЙГЕРА

Когда думают о средах, загрязненных радиоактивностью, очень часто вспоминают особый звук, напоминающий стрекотание, — он ассоциируется со счетчиком Гейгера, обнаруживающим α - и β -частицы, возникающие в ядерных реакциях. Счетчиком воспользовалась Мария Кюри, когда ее дочь Ирен принесла радиоактивный алюминий — первый продукт с искусственной радиоактивностью. Аппарат был разработан в 1908 году Резерфордом и Гейгером, одним из его сотрудников в Манчестере. Резерфорд использовал α -частицы как снаряды для определения природы радиоактивных процессов. Для их количественной оценки кто-то должен был считать следы, которые α -частицы оставляли на флуоресцентном экране из сульфида цинка. Лучшим в этой задаче был Ханс Гейгер, который мог считать их часами, не допуская ошибок. Однако немецкий физик придумал устройство, освободившее его от этой изнурительной работы, — так возник первый прототип счетчика Гейгера, который затем улучшил ученик физика, Мюллер.

Аппарат состоит из работающей как катод металлической трубки, наполненной инертным газом, таким как аргон; внутри нее проволока, которая работает как анод. У трубки должно быть окно, сделанное из очень тонкой пластинки, которое позволяло бы проникать радиации, но мешало бы выходу газа, обычно оно изготавливается из слюды или ПЭТ. Когда ионизационная радиация (α - или β -частицы) воздействует на атом аргона, она забирает у него электрон, который из-за своего отрицательного заряда притягивается анодом, в то время как произведенный катион Ar^+ притягивается катодом. Вследствие этого в счетчике создается небольшой ток, пропорциональный интенсивности радиации. Ток, порождаемый радиацией, вызывает ионизацию газа — тот же процесс Мария измеряла своими пьезоэлектрическими кварцевыми весами, но его количественная оценка намного проще.

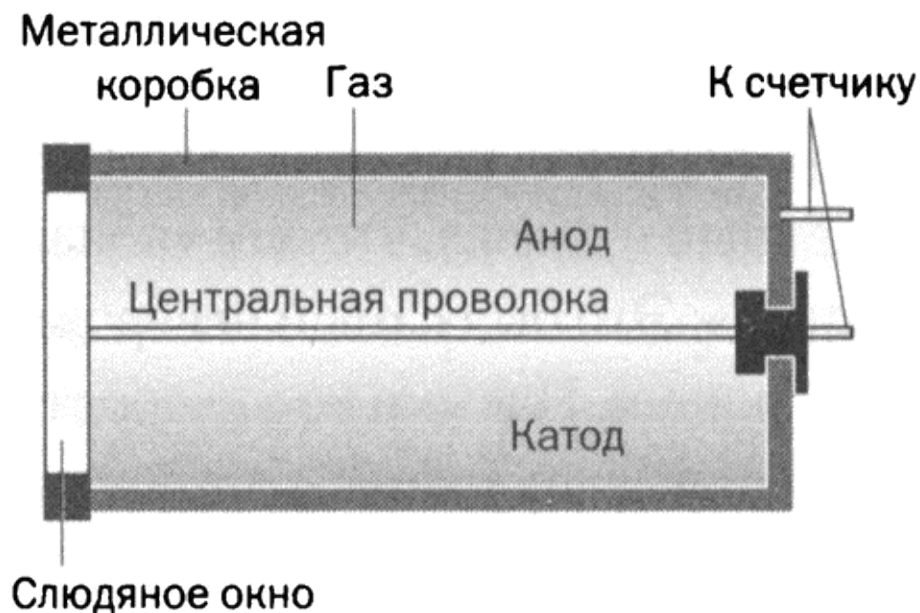


Схема счетчика Гейгера

* * *

Параллельно была раскрыта другая загадка радиоактивности. При изучении элементов, производимых в рядах радиоактивного распада, Содди

в 1910 году заметил, что элементы, которые он назвал мезоторием и торием-Х, как и радий, невозможно было выделить, поэтому он начал думать о том, могут ли одно место в периодической таблице делить несколько элементов. В 1913 году эта догадка подтвердилась, когда немецкий ученый Казимир Фаянс — также работавший в Манчестере с Резерфордом — пришел к такому же выводу. В законах Содди — Фаянса о радиоактивном распаде устанавливалось, что когда элемент испускает α -частицу, он смещается на две позиции влево по периодической таблице, а когда он испускает β -частицу, он смещается на одну позицию вправо.

Содди выяснил, что если элемент испускает α -частицу, а затем две β -частицы, то получается не исходный элемент, а другое вещество с такими же химическими свойствами, но другим временем полураспада. При обсуждении этой видимой нестыковки во время семейного ужина шотландский врач Маргарет Тодд предложила Содди термин «изотоп» для обозначения веществ, которые занимают одно место в периодической таблице. Первый признак существования изотопов обнаружил Дж. Дж. Томсон, когда нашел две линии, приписываемые неону, в каналовых (анодных, или положительных) лучах.

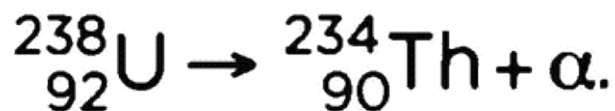
Окончательное доказательство предоставил его ученик Фрэнсис Уильям Астон после возвращения с Первой мировой войны. С помощью масс-спектропии, которую открыл Томсон, Астон выделил два вида газа неона массой 20 и 22 и предложил свое правило целого числа, согласно которому элементы, атомная масса которых не является целым числом, имеют несколько изотопов в значимых пропорциях. Этому правилу подчиняется неон с атомной массой 20,2 — это промежуточное значение между атомной массой неона-20, относительная распространенность которого составляет 90,5%, и неона-22 с распространенностью 9,5%. Подобный же случай представляет и хлор, атомная масса которого 35,45 соответствует промежуточному значению между массой изотопа хлор-35 (76%) и хлор-37 (24%). В 1922 году Астон получил за свои исследования Нобелевскую премию по химии. Атомная масса перестала быть характерным свойством химического элемента, подтверждая зарождение химии невзвешиваемого, о которой говорила Мария Кюри.

* * *

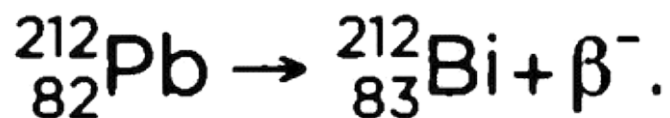
ЗАКОНЫ СОДДИ-ФАЯНСА О РАДИОАКТИВНОМ РАСПАДЕ

Эти три закона были предложены Фредериком Содди и Казимиром Фаянсом независимо друг от друга в 1913 году.

1. Когда радиоактивный атом испускает α -частицу, массовое число получившегося атома (A) уменьшается на 4 единицы, а атомный номер (Z) — на 2. Например,

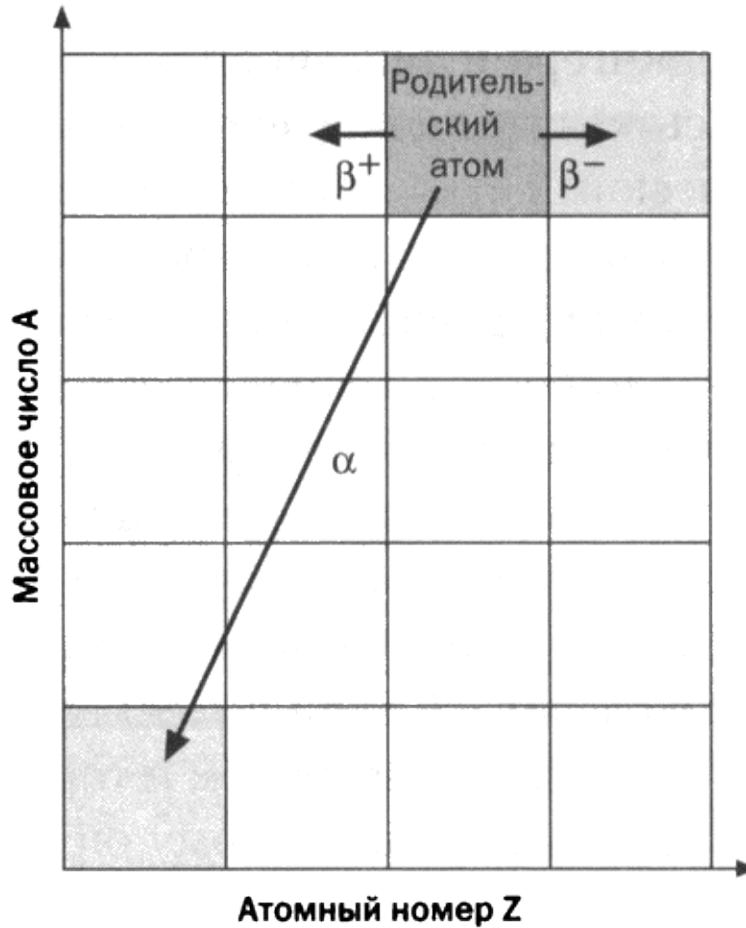


2. Когда радиоактивный атом испускает β -частицу, атомный номер (Z) увеличивается (β^-) или уменьшается (β^+) на единицу, а массовое число (A) остается постоянным. Например,



3. Когда возбужденное ядро испускает электромагнитную радиацию (γ), не меняются ни A , ни Z , происходит только потеря энергии.

Сегодня известно, что α -частица — это ядро атома гелия (следовательно, ее символ — ${}^4_2\text{He}$), в то время как частицы β^- и β^+ — электроны и позитроны соответственно.



Генри Мозли, еще один партнер Резерфорда в Манчестере, определил характерное свойство каждого элемента. Он измерил спектры излучения рентгеновских лучей всех известных в то время элементов и выяснил, что квадратный корень частоты испускаемых рентгеновских лучей пропорционален уникальной частоте для каждого элемента. Мозли определил эту величину как заряд центрального положительного ядра и назвал ее Z , что сегодня известно как атомный номер. Он опубликовал свои результаты в двух статьях, которые послал незадолго до того, как отправился на фронт. Работы увидели свет в 1913 и 1914 годах. Мозли так и не узнал, что именно в том году, когда он погиб на войне, в 1915-м, он стал бы одним из самых молодых кандидатов на Нобелевскую премию.

Ученый заметил: Z увеличивается в том же порядке, что и атомная масса, кроме таких элементов, как кобальт, никель, йод и теллур. Чему

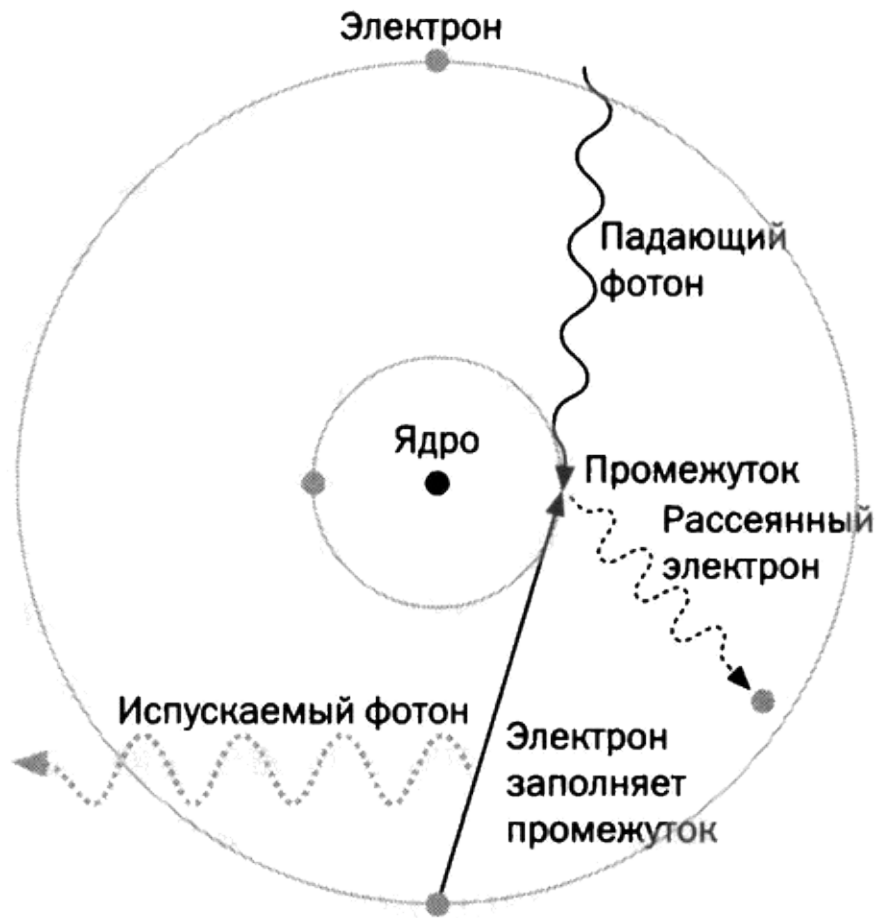
были обязаны эти исключения? Очевидно, существованию более тяжелых изотопов у элементов с меньшим атомным номером. Но почему существуют изотопы? Потому что у ядра есть, помимо протонов, еще одна частица, нейтрон, которая не была обнаружена, потому что у нее отсутствует заряд. Резерфорд догадался о существовании нейтрона еще в 1920 году, но только в 1932 году это экспериментально подтвердил другой его ученик, Джеймс Чедвик. Он сделал это, повторив эксперимент, который провели в Радиевом институте Ирен Кюри и ее супруг Фредерик Жолио-Кюри. Опыт заключался в том, чтобы бомбардировать бериллиевую пластинку α -частицами, что вызвало испускание лучей, которые исследователи посчитали γ -лучами высокой энергии, порожденными протонами при прохождении через парафин. Резерфорд подверг сомнению эти результаты; Чедвик поверил в их наличие, но не в толкование. Зная, что нужно искать, и пользуясь подходящим детектором, Чедвик обнаружил нейтрон и получил за это в 1935 году Нобелевскую премию по физике. Так была окончательно решена загадка структуры атома.

* * *

НАСЛЕДИЕ МОЗЛИ

После того как стало известно о дифракции, обнаруженной фон Лауэ и Брэггом, Генри Мозли (1887–1915) поехал в лабораторию Брэгга в Лидском университете, потому что хотел больше узнать о взаимодействии рентгеновских лучей с материей. Ознакомившись с источниками рентгеновских лучей, он исследовал их энергию, используя в качестве анодов все 73 химических элемента, известных к тому времени. Он обнаружил линейную связь между длиной волны испускаемых каждым элементом лучей и характерной величиной, которую Мозли определил как ядерный заряд. На основе этих значений он установил новый порядок элементов в периодической таблице, исправив исходный порядок Менделеева на основе значений атомной массы и предсказав существование еще не открытых элементов. Ход эксперимента Мозли схематично показан на рисунке, где приведена схема атома по модели Бора, которая, в свою очередь, основывается на модели Резерфорда: падающий

фотон (верхняя волнистая линия) выбивает электрон (правая волнистая линия) из внутренних слоев электронной оболочки. Промежуток заполняется электроном из внешних слоев, который, в свою очередь, испускает другой фотон с энергией (левая волнистая линия), равной разнице между двумя этими уровнями. Каждый химический элемент испускает фотон с характерной энергией, пропорциональной числу протонов ядра. Энергия фотонов порождает флуоресцентные линии рентгеновских лучей, которые помогли Мозли определить атомный номер, Z . Этот процесс — основа одного из самых чувствительных методов неdestructивного химического анализа, флуоресценции рентгеновских лучей. Мозли провел первую часть своего исследования в лабораториях Резерфорда в Манчестере, а последнюю часть — в Кларендонской лаборатории в Оксфорде, где не было даже электрической сети и приходилось покрывать расходы самому. Официально он оставил Манчестер, чтобы вернуться к матери в Оксфорд, но самое главное — он хотел выйти из тени профессора и плеяды его блистательных учеников, которые могли затмить его собственную работу.



ИНСТИТУТ КЮРИ

Работа Марии привлекла внимание щедрых меценатов, в частности таких американских миллионеров, как Карнеги и Ротшильд, которые познакомились с ее исследованиями после смерти Пьера. На их взносы были разработаны программы стипендий для лаборатории Марии, хотя эти программы не получали никакой поддержки со стороны французских институтов.

Кроме того, после смерти Пьера возникла идея создать для изучения радиоактивности хорошо оснащенную лабораторию, которая также служила бы памятью о нем. Идея оформилась, когда в конце 1909 года доктор Эмиль Раукс, директор Института Пастера и пылкий почитатель Марии, предложил создать Радиевый институт. Парижский университет присоединился к инициативе, предоставив территорию и часть финансирования на строительство здания. Институт должен был состоять из двух отделений: одно, Павильон Пастера, — посвященное биологическому изучению и лечению рака, а другое, Павильон Кюри, — исследованию физических и химических аспектов радиоактивности.

После возвращения в Париж в конце 1912 года, полная решимости забыть скандал с Ланжевенном, Мария посвятила себя наблюдению за строительством и оснащением института. Все работы были завершены в июле 1914 года, и Мария была назначена директором Павильона Кюри, а доктор Клод Рего — директором Павильона Пастера. Мария лично следила за посадкой деревьев и розовых кустов в саду, соединявшем эти два здания, потому что она хотела работать не только в хорошо оборудованной лаборатории, но и в красивом месте. Казалось, что мечта Марии близка к исполнению, но ее планы были нарушены. В Европе разгорелась война, и 1 августа Франция объявила мобилизацию. Все работники лаборатории мужского пола ушли защищать свою страну. А 2 сентября на Париж упали три бомбы, и Мария решила, что не может оставаться в стороне.

Поскольку немецкая армия приближалась к столице Франции, Мария занялась сохранением ценного радия: она поместила его в тяжелую свинцовую коробку и отвезла на поезде в Бордо. Поместив свое сокровище в банковский сейф, Мария вернулась поездом, в котором была единственной женщиной среди солдат. Гражданские больше не ездили в этом направлении, но она чувствовала, что ее место в столице.

Я полна решимости отдать все свои силы на службу моей приемной стране, поскольку сейчас я ничего не могу сделать для моей несчастной родины.

Письмо Марии Полю Ланжевону, январь 1915 года

«МАЛЕНЬКИЕ КЮРИ»

Вскоре Мария нашла наилучший способ послужить Франции. По своим урокам в Сорбонне она была знакома с использованием рентгеновских лучей в медицине, а ее друг, доктор Антуан Беклер, на практическом курсе управления рентгенологическими аппаратами в больницах дополнил эти знания. От него Мария узнала о том, как не хватает рентгенологических систем на фронте, где они были особенно полезны при лечении сломанных костей и нахождении пуль и металлических осколков в телах раненых солдат. Мария решила принять в этом участие. Нехватка инструментария, персонала, средств и особенно интереса со стороны военных врачей ее не пугала.

Сначала Кюри решила, что необходимо разместить стационарные установки в полевых больницах и обучить персонал работать с ними. Но вскоре она поняла, что тыловая помощь часто запаздывает, поэтому необходимы мобильные установки, с которыми можно было бы объезжать фронт. Тут она столкнулась с резким возражением со стороны военных: гражданскому персоналу слишком опасно находиться в горячих точках, а кроме того, это может помешать военным маневрам. Но Мария была непреклонна: преступление — заставлять солдат гибнуть или делать их инвалидами, не оказав им помощи, которую страна в состоянии предоставить. Кюри свернула горы, выступая перед правительством и высокими военными чинами, и ее присутствие на фронте было в конце концов разрешено. Теперь она попросила помощи у изготовителей автомобилей, предпринимателей и обеспеченных людей с собственными машинами, чтобы они пожертвовали транспорт новой рентгенологической службе. Чтобы не зависеть от шоферов и механиков, Мария научилась водить автомобиль и чинить наиболее частые поломки. Чтобы снарядить мобильные установки, она использовала источники рентгеновских лучей, изготовленные в Испании фабрикантом Монико Санчесом из Сьюдад-Реаля, который получил образование в США во время бума электричества. Первые установки были готовы в конце октября 1914 года.

У Марии была исключительная помощница. Ее дочь Ирен, которой тогда было всего 17 лет, отказалась остаться в прибрежном поселке с детьми. Она стремилась быть полезной, но больше всего не хотела находиться далеко от матери. Марию любили очень многие, но нет сомнений в том, что сильнее всего ее любили дочери. Мария и Ирен

прошли курсы медсестер, анатомии и рентгенологии, благодаря которым могли работать в рентгенологических отделениях военных больниц. Они совершили свою первую поездку с мобильными установками 1 ноября. Вскоре эти установки назвали «маленькими Кюри».

Сначала было нелегко убедить военных врачей прислушаться к советам гражданского персонала, который, к тому же, был женщинами без медицинского образования, но очень скоро преимущества рентгенографии оказались настолько явными, что их стали использовать. Фюрн, Жуанвиль, Поперинге, Амьен, Реймс, Верден... Все эти места боев были Марии знакомы. Она чувствовала ужасную боль, видя, как тысячи жизней обрываются в юности, но при этом радовалась, что многих может спасти. Хотя Кюри ужасала сама война, не все армии были для нее одинаковы. Детство и юность, которые она провела в поработанной стране, говорили о том, что нельзя добиваться мира любой ценой.

Рост спроса на мобильные установки вызвал необходимость в дополнительном персонале — женщинах, потому что все мужчины были призваны. Местом их обучения стал Институт Кюри, который попробовал себя в новой функции. С начала 1916 года Мария стала вести курсы для ассистентов-рентгенологов. Их посещали около 150 женщин из всех социальных слоев, некоторые из слушательниц были медсестрами, но большинство не имело специального образования. К концу войны работало более 200 стационарных рентгенологических постов в полевых больницах и 20 «маленьких Кюри». Только в 1917 и 1918 годах в них было сделано 1100000 рентгеновских снимков, которые спасли огромное число жизней и многих избавили от страданий.

Во время войны Мария занималась и таким методом лечения, как радиотерапия. С помощью единственного маленького вакуумного насоса она заполнила огромное количество ампул эманацией, испускаемой радием, которые были распределены по отделениям радиотерапии французских больниц. Очевидно, что эта работа не улучшила ее собственное здоровье.

Война оставила Европу опустошенной, но перемирие принесло новость, о которой Мария мечтала с самого рождения: Польша вновь стала независимой. Смерти исчислялись миллионами, но по меньшей мере две жертвы не фигурировали ни в какой статистике. Мария и ее дочь Ирен, которая тогда была еще почти подростком, получили огромные дозы облучения, за что они позже очень дорого заплатили, особенно Ирен. Но она, по крайней мере, получила официальное признание со стороны Франции, а вот ее мать, которая разработала и запустила

рентгенологическую службу, пожертвовала государству свои медали, включая медали, прилагающиеся к Нобелевским премиям, и купила военные облигации на эту сумму, довольствовалась только моральным удовлетворением от выполненного долга. Несмотря на все достижения и работу во время войны, Мария не получила никакого официального признания со стороны французских государственных органов, которые не простили ей того, что она «запятнала» имя своего мужа.



Открытие Радиевого института: слева направо — Клод Рего, Мария Кюри и Жан Перрен.



Мария за рулем «маленького Кюри».



Мария и ее дочь Ирен в Радиевом институте.



Президент США Уоррен Гардинг и Мария на приеме в Белом доме в 1921 году.

ПОЕЗДКА В США

Кюри была мировой знаменитостью, и после окончания военных действий многие журналисты хотели написать о ней. Но после ужасного опыта общения с прессой во время скандала с Ланжевенем Мария не принимала никого. Однако настырная американка Мэри Мэлони поехала в Париж и решила, что не уедет, пока не добьется интервью. Когда женщины наконец встретились, между ними возникла особая связь, которая прервалась только после смерти Марии. Мэлони была под впечатлением от застенчивости и скромности исследовательницы, а также от суровых условий, в которых она работала. Марию, в свою очередь, привлекли сила и решимость журналистки.

Мэлони предложила ей план, позволявший собрать 100 тысяч франков для покупки одного грамма радия, необходимого Марии для лаборатории. Журналистка предлагала организовать сбор среди американских женщин, итогом которого должна была стать поездка Марии в США для получения этого ценного элемента. С согласия Кюри Мэлони запустила сказочную рекламную акцию. Она неустанно работала, убеждала, искажала и преувеличивала, насколько это было необходимо, пока не распространила миф о «мадам Кюри» в США. Естественно, имя Ланжевена не упоминалось.

В мае 1921 года Мария Кюри и ее дочери совершили путешествие, апофеозом которого был трофей в виде одного грамма радия, заключенного в свинец, который, в свою очередь, положили в деревянный сундук, врученный ей в Белом доме из рук президента Уоррена Гардинга. Однако Мария была очень слаба и не готова к встрече с полными энтузиазма толпами людей. В порту Нью-Йорка один поклонник так крепко пожал Кюри руку, что чуть не сломал ей запястье, из-за чего оно было перевязано в течение почти всей поездки. Несмотря на явную слабость Марии, ей удалось пережить марафонскую программу визитов в школы, университеты, общества и лаборатории, которую подготовила для нее Мэлони, хотя на многих мероприятиях ее заменяли дочери. Также Кюри удалось насладиться визитом в несколько природных парков, особенно в Большой каньон в Колорадо, который она объехала вместе со своими дочерьми верхом на осликах.

В 1929 году Мария совершила еще одно подобное путешествие, также организованное Мэлони, хотя с намного менее интенсивной программой.

Теперь целью было собрать необходимые средства для покупки еще грамма радия — для Института Марии Склодовской-Кюри, основанного ее сестрой Броней в Варшаве (Мария была его почетным президентом). На этот раз радий ей вручил президент Герберт Гувер, который пригласил Кюри остаться в Белом доме на несколько дней. Спустя некоторое время после того, как они отплыли обратно, биржа Нью-Йорка рухнула, ознаменовав начало Великой Депрессии.

* * *

ИРЕН КЮРИ

Ирен вместе со своим мужем Фредериком Жолио-Кюри получила Нобелевскую премию по химии в 1935 году — тогда же, когда Чедвику вручили премию по физике за открытие нейтрона. Возможно, так было предназначено, что Ирен следовала во всем за своей матерью: там, где блистала ее мать, блистала и она. Фредерик получил членство в Академии из рук гордого учителя, Поля Ланжевена, в 1945 году. Однако Ирен, которая была его наставницей в лаборатории и поделила с ним Нобелевскую премию, никогда не была удостоена этой чести, хотя, в отличие от Марии, она пыталась получить ее вплоть до 1956 года, когда она умерла от лейкемии — так же, как и ее мать.



Ирен и Фредерик в лаборатории на снимке 1935 года.

КОНЕЦ И ПРОДОЛЖЕНИЕ

Здоровье Марии (но не ее решимость) слабело, она часто страдала от анемии, у нее развилась преждевременная катаракта. Это состояние было прямым следствием облучения. Катаракта лишила Кюри зрения, и ей пришлось перенести четыре операции, чтобы избавиться от нее. Иногда Мария говорила о том, что хочет выйти на пенсию и ухаживать за садом, но лаборатория была ее жизнью. Это же можно было сказать и о ее дочери Ирен, которая после окончания войны стала лучшей помощницей Марии. Фредерик Жолио, обаятельный и общительный молодой человек, поступивший на работу как ассистент Марии по рекомендации Поля Ланжевена, стал партнером Ирен в работе и в жизни. Он получил степень доктора по физике за изучение радиоактивности полония — ускользающего элемента, открытого Марией Кюри, также он достиг определенных результатов в области химической активности этого элемента. Ирен и Фредерик открыли, но не смогли безошибочно идентифицировать радиоактивный изотоп лантана. Позже они анализировали продукты, полученные при бомбардировке урана медленными нейтронами, но не обнаружили нового процесса ядерного деления, который заметила австрийский физик Лиза Мейтнер.

В 1934 году, изучая аннигиляцию электрон-позитрон, Кюри и Жолио обнаружили неожиданный процесс, который назвали искусственной радиацией. Мария была первым человеком, кому они сообщили об этом. Она сразу же осознала важность открытия, но вместо того чтобы тут же пойти в лабораторию, Мария отправилась за Полем Ланжевром, и они вместе посмотрели доказательство эксперимента, который превратил их в алхимиков.

Мария работала, пока в апреле 1934 года не почувствовала себя плохо. Врачи считали, что проблема может быть связана с легкими, и отправили ее в горы. Там Мария Кюри и умерла в санатории Сансельмоза 4 июля 1934 года.

Битва науки — это битва разума с силами мракобесия, битва свободы духа с рабством невежества.

Франсуа Миттеран, в речи, произнесенной на перезахоронении Марии и Пьера Кюри в Пантеоне

Потребовалось 60 лет для того, чтобы Мария Кюри получила от Франции официальное признание. В апреле 1995 года прах Марии и Пьера Кюри был перенесен в Пантеон в Париже — святилище, где покоятся великие люди Франции. Это был один из последних публичных актов Франсуа Миттерана, который председательствовал на этой церемонии вместе с польским президентом Лехом Валенсой, здесь же присутствовала и дочь Марии, Ева Кюри. Французский президент подчеркнул работоспособность и талант Марии, ее усилия в прокладывании дороги в мире мужчин и вклад в величие Франции.

Рассказывают, что Эйнштейн назвал Марию единственным человеком, которого не испортила слава. Она не поддавалась не только славе: ничто не смогло сломить ее. Ничто.

Приложение

Разговор о Марии Кюри — это разговор о радиоактивности, а говоря о ней, сложно не упомянуть ядерную энергию. Этот источник энергии имеет глубоко отрицательные ассоциации благодаря бомбам, сброшенным на Хиросиму и Нагасаки во время Второй мировой войны. Мария умерла до появления нацистов, определившего запуск Манхэттенского проекта, в рамках которого была изготовлена бомба, но этот проект не был бы возможен, если бы не были открыты атомы, высвобождающие энергию при своем распаде. Следовательно, косвенно Манхэттенский проект также можно считать ее наследием.

Мария Кюри была и остается образцом для подражания бесчисленного количества молодых девушек во всем мире. Благодаря ее славе и исключительности история Кюри рассматривается со всех возможных точек зрения: от гиперфеминистки до мачистки, даже экофеминистки. Ее жизнь так подробно изучали, что даже нашли негативный подтекст в некоторых ее действиях, что вполне логично при попытках понять человека такого масштаба, недостижимого для большинства смертных. Несмотря на все домыслы начиная с 1940-х годов, когда книга Евы Кюри получила известность, огромное количество молодых людей во всем мире под влиянием образа легендарной Марии посвятило свою жизнь науке. Прошел почти век, но легенда о Марии Кюри не только не тускнеет, но даже становится ярче с годами. Так, в конце 2011 года в Нью-Йорке состоялась премьера театральной постановки, основанной на самом бурном периоде в ее жизни, связанном с выделением радия и отношениями с Ланжевенном. В названии пьесы *Radiance: The Passion of Marie Curie* отражены два момента из жизни Марии, которые показались актеру Алану Алде, автору текста и режиссеру пьесы, наиболее захватывающими: работа с радиацией и неиссякаемая любовь к жизни. Алан Алда признается, что влюблен в героиню, и рассказывает, что его захватил не только ее научный гений, но и неистощимое мужество, готовность бороться и брать от жизни лучшее, даже в самых враждебных ситуациях.

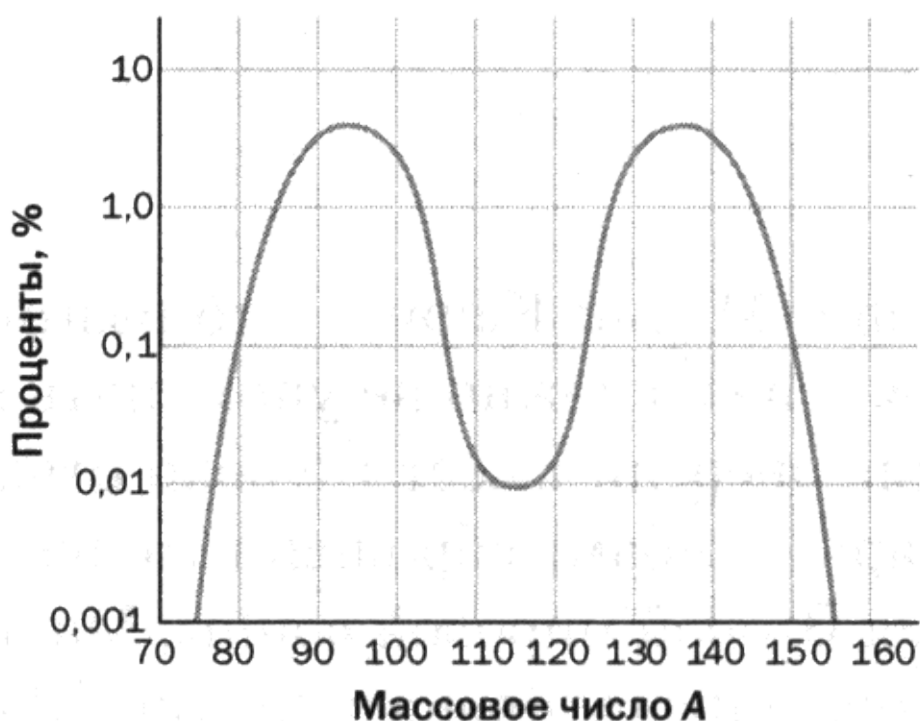
* * *

ЯДЕРНОЕ ДЕЛЕНИЕ... И ОТКРЫЛИСЬ ВРАТА АДА

Мария Кюри и Эрнест Резерфорд не дожили до этого, но их ученики открыли ящик Пандоры: они высвободили ядерную энергию. Ключевым был вклад Лизы Мейтнер — еще одной женщины, очарованной физикой, которая однажды захотела работать в лаборатории Кюри.

Лиза работала в Берлине, в намного более враждебной к женщинам лаборатории, директор которой, Эмиль Фишер, даже запретил ей входить в здание с главного входа. С приходом к власти нацистов положение еще более ухудшилось, и в итоге Мейтнер пришлось укрыться в захудалой лаборатории в Стокгольме.

Формы разрыва ядра урана-235

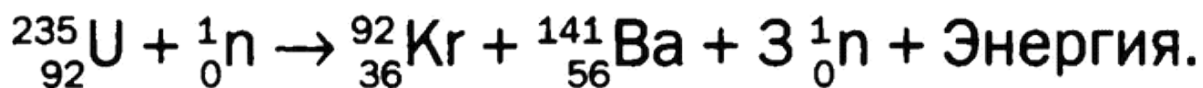
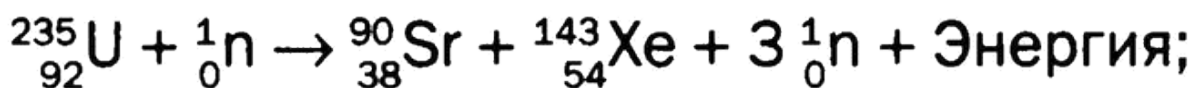


Распределение продуктов деления урана-235 с указанием вероятности того, что образуются легкие и тяжелые ядра.

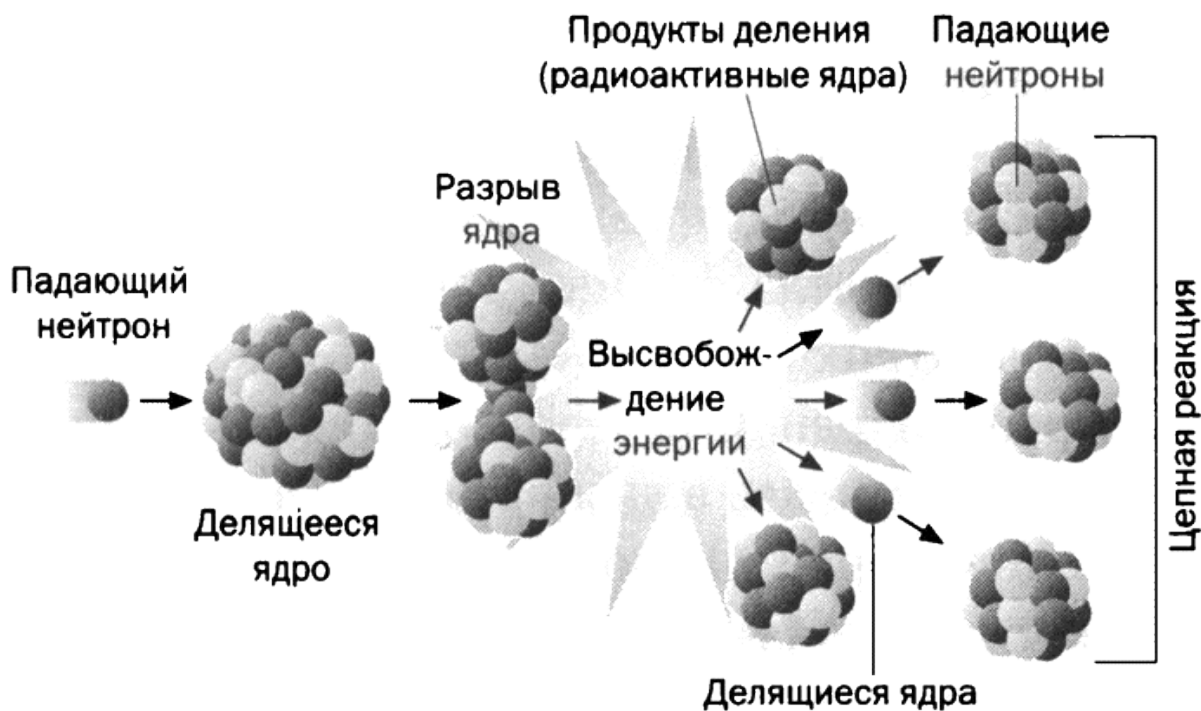
Цепная реакция

Там она получила письмо от Отто Гана, коллеги по лаборатории в течение более чем 30 лет, который описал результаты недавнего эксперимента с бомбардировкой ядра урана медленными нейтронами и попросил помочь в их толковании. Лиза вместе со своим племянником Отто Фришем, также физиком, истолковала эксперимент Гана как деление,

или разрыв, ядра урана. В процессе образовывались два более легких ядра, а часть массы превращалась в энергию. На основе этого открытия и был создан Манхэттенский проект. Лиза наотрез отказалась участвовать в нем и в любом другом проекте, целью которого было убийство людей, даже если речь шла о жизнях нацистов. Реакция деления, которую Лиза истолковала правильно, сделала возможным не только создание атомной бомбы, но и мирное использование ядерной энергии. Она получается на основе типичных реакций деления ядра урана-235, которые порождают два ядра среднего размера, но с различной массой, как, например, в двух следующих ситуациях, где полученные ядра — это стронций и ксенон в первом случае и криптон и барий — во втором:



Но это не единственные реакции, существует более 50 подобных реакций, при которых разрыв ядра урана порождает ядро с массовым числом 90+/-10 (первый максимум графика) и другое тяжелое ядро с массовым числом 140+/-10 (второй максимум графика). Во всех случаях, кроме того, отделяется два или три нейтрона и выделяется много энергии.



Процесс столкновения медленного нейтрона с радиоядром порождает нестабильное ядро, которое в конечном счете разрывается (реакция деления), порождая другие два ядра меньшей массы и три нейтрона. Реакция сопровождается большим выбросом энергии. Высвободившиеся электроны действуют как детонаторы новых процессов деления у соседних ядер, порождая цепную реакцию.

* * *

Эту неистощимую страсть к жизни, должно быть, чувствовали люди, находившиеся рядом с Марией, и особенно ее дочь Ирен, которая физически и интеллектуально была больше похожа на отца, чем на мать. После смерти Пьера Мария озаботилась тем, чтобы дать Ирен лучшее образование, для чего создала просветительское сообщество, преподавателями в котором были она сама и избранные коллеги-ученые. Еще подростком Ирен поддержала мать во время скандала с Ланжевенном, а через некоторое время стала ее лучшей помощницей в поездках по фронтам во время Первой мировой войны. Это, безусловно, сказалось на здоровье Ирен, что, однако, не отразилось на ее академическом росте, поскольку через некоторое время после окончания войны она получила образование в области физики и начала работать в лаборатории, занимаясь тем же, чем и ее мать. В отличие от Марии, возможно, под влиянием бабушки, Ирен открыто поддерживала левые политические партии, войдя в состав правительства Леона Блюма, и говорила о поддержке Испанской Республики после восстания 1936 года. Она также была страстной суфражисткой и на вручении Нобелевской премии произнесла феминистскую речь, положения которой актуальны до сих пор.

Партнер Ирен, Фредерик Жолио, с которым она, как и ее мать, познакомилась в лаборатории, также работал в русле исследований Марии. Он родился в 1900 году в семье коммерсантов, в которой не было научной традиции, и его жизнь сильно изменилась из-за войны, когда он был вынужден оставить обучение в лицее и поступить в менее престижную Школу промышленной физики и химии. Это изменение в конце концов оказалось благоприятным, потому что Жолио познакомился с Полем Ланжевенном, по рекомендации которого по одному из грантов Ротшильда пошел работать в Радиевый институт в качестве ассистента Марии Кюри. В 1926 году он женился на Ирен и добавил фамилию Кюри к своей. Закончив обучение физике в Сорбонне, в 1930 году он представил докторскую диссертацию, посвященную изучению электрохимических свойств

полония, — продолжение исследований самой Ирен. Их совместные работы привели к открытию искусственной радиоактивности, за что супругам вручили Нобелевскую премию по химии в 1935 году.

Но исследовательская деятельность — только одна из областей, в которых выделялся Фредерик. Он был активным членом Сопротивления, он готовил динамит и бросал бомбы в немецкие танки на улицах Парижа, пока руководил лабораторией Французского колледжа. Благодаря хорошим личным отношениям Жолио с Вольфгангом Гентнером, немецким ученым, ответственным за контроль над французскими исследователями, колледж работал и во время войны. Также эта дружба могла освободить Ланжевена после задержания немцами во время оккупации Франции. Позиция Фредерика привела его к вступлению во Французскую коммунистическую партию — он думал, что это единственная организация, способная противостоять нацистам.

После войны Жолио был назначен директором французского государственного исследовательского учреждения — Национального центра научных исследований — и был принят в члены Академии наук, выиграв голосование у Жана Беккереля, сына Анри. Подозрительно хорошие отношения Фредерика с немецкими учеными и в особенности верность коммунистической партии привели к тому, что американцы оставили его за рамками Манхэттенского проекта, хотя его кандидатуру рекомендовал сам Эйнштейн.

Когда восстановился мир, Жолио добился для Франции чего-то более ценного, чем Нобелевская премия. С его помощью страна обрела энергетическую независимость и смогла наилучшим образом воспользоваться наследием Марии Кюри. Главными героями этого подвига были ученый, который кидал бомбы в нацистов, и генерал Сопротивления. Комиссариат атомной энергии (СЕА) был официально основан 15 ноября 1945 года, но фактически он появился раньше, на встрече генерала де Голля и Фредерика Жолио-Кюри в ноябре 1944 года. Ученый убедил тогда еще кандидата в президенты в том, что Франции нужно развивать собственную ядерную программу. Изначальная идея Фредерика состояла в том, чтобы сотрудничать с англичанами и американцами для разгадки секретов ядра и извлечь из этого максимум пользы. Но вскоре он увидел, что цели стран отличаются, поскольку англичане и американцы ввязались в гонку вооружений холодной войны, а Фредерик не хотел, чтобы ядерная энергия использовалась не в мирных целях. Пока была возможность, Фредерик держался за рамками этой войны и, пользуясь щедрой поддержкой правительства, создавал исследовательские центры, программы и базовые

инфраструктуры мощной французской школы ядерной физики.

В конце концов холодная война снесла его с вершины СЕА. Как ученый-коммунист мог возглавлять организацию максимального энергетического значения для Франции и свободного мира? У де Голля был и более серьезный мотив поставить другого человека во главу СЕА: Франции нужно было ядерное могущество, чтобы освободиться от американского военного надзора, а Фредерик, как участник Стокгольмского манифеста, в котором просили сложить атомное оружие, не слишком подходил для руководства этим процессом. Когда холодная война ушла в историю, применение ядерной энергии в мирных целях снова стало приоритетом СЕА.

Когда-то получившие мощный импульс, ядерные исследования продолжают и сегодня. Все французские президенты, которые следовали за де Голлем, преподносят это как национальное отличие. По этой причине Франция — единственная страна, которая, не имея ископаемого топлива, энергетически независима.

В одной из своих последних лекций Фредерик выразил надежду Пьера на то, что любое научное завоевание будет приносить человечеству больше добра, чем зла. Для Марии же наука имела не только утилитарный характер: как она сказала на лекции «Будущее культуры», которую прочитала во время своей поездки в Испанию в 1933 году, ее соблазнила красота науки:

«Я отношусь к тем, кто считает, что наука обладает невероятной красотой. Ученый в лаборатории — не просто техник; это также ребенок, перед которым стоят природные явления, завораживающие его, как сказка. Мы не должны позволить, чтобы думали, будто любой научный прогресс можно свести к механизмам, машинам, моторам, хотя у любого механизма также есть своя красота. Не думаю, что дух приключений подвергается риску исчезнуть из нашего мира. Когда я вижу вокруг себя что-то особенно живое, мне помогает именно этот дух приключений, который кажется вечным и идет в паре с любознательностью».

Этот дух приключений поддерживал Марию Кюри на ногах, пока были силы. Это тот же самый дух, благодаря которому родилась наука и благодаря которому она будет жива, пока существуют люди с их любознательностью.

Список рекомендуемой литературы

Asimov I., *Breve historia de la química*, Madrid, Alianza, 2006. Casado, M.J., *Las damas del laboratorio*, Barcelona, Debate, 2006. Curie, E., *Madame Curie*, Paris, Gallimard, 1938.

Curie, M., *Escritos biográficos*, Barcelona, Edicions UAB, 2011. Folsing, U., *Mujeres premio Nobel*, Madrid, Alianza, 1992.

Gamow, G., *Biografía de la física*, Madrid, Alianza, 2007.

Gribbin, J., *Historia de la ciencia, 1543–2001*, Barcelona, Critica, 2003.

Lozano, M., *Nucleares, ¿por qué no? Cómo afrontar el futuro de la energía*, Barcelona, Random House Mondadori, 2009.

Reid, R., *Marie Curie*, Barcelona, Salvat, 1987.

Sánchez, J.M., *Marie Curie y su tiempo*, Barcelona, Critica, 2000. Strathen, P., *Curie y la radioactividad*, Madrid, Siglo XXI, 1999.

* * *

Мария Кюри — первая женщина в мире, получившая Нобелевскую премию. Вместе с мужем, Пьером Кюри, она открыла радиоактивность, что стало началом ее блистательной научной карьеры, кульминацией которой было появление в периодической системе Менделеева двух новых элементов — радия и полония. Мария была неутомимой труженицей, и преждевременная смерть Пьера не смогла погасить в ней страсть к науке. Несмотря на то что исследования серьезно вредили здоровью женщины, она не прерывала работу в лаборатории, а когда разразилась Первая мировая война, смогла поставить свои достижения на службу больным и раненым. Смерть Марии Кюри была результатом ее любви к науке, но ее открытия спасли тысячи жизней.

