

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК**ЖИЗНЬ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПЬЕРА КЮРИ**
(1859—1906)*Э. В. Шпольский*

19 апреля 1906 г. роковая случайность оборвала жизнь великого французского учёного Пьера Кюри — физика и кристаллографа, тонкого экспериментатора, остроумного изобретателя точных приборов и глубокого мыслителя и при всём этом человека необычайной моральной чистоты и привлекательности.

Пьер Кюри родился 15 мая 1859 г. в Париже*). Его родители были люди скромного достатка, но незаурядные по своим духовным качествам. Отец Пьера Кюри, Эжен Кюри, был врач. Семья Кюри была эльзасского происхождения и протестантского исповедания. Однако Эжен Кюри был антиклерикалом и не крестил двух своих сыновей, Жака и Пьера, что требовало немалого мужества в буржуазном обществе Франции второй половины XIX столетия.

По своим выдающимся умственным способностям, по темпераменту учёного, по культу науки, который он сохранял всю свою жизнь, доктор Эжен Кюри мог бы быть крупным учёным. Но он не имел возможности посвятить себя науке из-за недостатка средств и необходимости прокормить большую семью, вынудившей его стать практикующим врачом. Как врач Эжен Кюри, по словам Марии Склодовской-Кюри — жены, сотрудницы и друга Пьера, — «проявил замечательное бескорыстие и самоотверженность». Будучи, кроме того, республиканцем по политическим убеждениям, которые он свято

*) Биографические данные, приводимые в этой статье, заимствованы из замечательной небольшой книжки М. Склодовской-Кюри: *Pierre Curie*, Paris, 1924 (есть русский перевод С. А. Шукарёва, Ленинград, 1924) Из этой же книжки заимствованы приводимые ниже выдержки из дневников и писем П. Кюри, когда эти выдержки приводятся без ссылки на источник. Большое число фактов и материалов, относящихся к жизни обоих выдающихся людей — Пьера и Марии Кюри, — приведено в книге их младшей дочери Евы Кюри, представляющей собой полубеллетристическую биографию Марии Кюри. Эта книга выдержала во Франции 120 изданий. Имеется английский перевод, обильно иллюстрированный photographиями. Отдельные части книги выходили и в русском переводе.

пронёс через эпоху империи Наполеона III, Эжен Кюри принимал участие как врач в революции 1848 г. и обнаружил при этом большую личную храбрость, а во время Парижской Коммуны устроил амбулаторию в своей квартире и лечил раненых.

По свидетельству той же Марии Склодовской-Кюри, доктор Эжен Кюри был вообще «замечательной личностью, поражавшей всех соприкасавшихся с ним людей». Если принять во внимание, что при всех этих качествах Эжен Кюри имел несколько властный характер, то понятно, что на впечатлительную, мягкую натуру Пьера отец имел решающее влияние.

Детство и юность Пьера Кюри прошли целиком в обстановке семьи. Наблюдая за развитием своего сына, доктор Эжен Кюри пришёл к заключению, что Пьер не сможет быть хорошим учеником в обычной школе, так как особенности его умственного склада не позволяли ему быстро усваивать разнообразную школьную программу. Он обладал способностью интенсивно сосредоточиваться на одном занимавшем или увлекавшем его предмете, но плохо поддавался необходимости быстро переключаться с одного предмета на другой. По этой причине Пьер Кюри не был отдан ни в начальную школу, ни в гимназию, но всё образование, вплоть до поступления в университет, получил дома сначала под руководством матери, затем отца и старшего брата (который тоже не учился в гимназии) и, наконец, под руководством специально приглашённого учителя А. Базиля, оказавшегося превосходным педагогом. Ему Пьер Кюри был обязан своим образованием в области элементарной и высшей математики.

Не следует думать, что конфликт между системой школьного обучения и ребёнком или юношей, наделённым выдающимися способностями, является редким событием. Повидимому, имеет место обратное, поскольку речь идёт о людях, обладающих оригинальным умом. Можно было бы привести немало примеров выдающихся учёных, создавших эпоху в науке, которые не были в школе блестящими учениками. Более близкий к нам по времени пример даёт Эйнштейн, в школьные годы жадно впитывавший в себя любые знания из области математики и физики, но небрежно относившийся к остальным предметам. В результате — при первой попытке поступления в Цюрихский Политехникум он не выдержал испытаний по классическим языкам и не был принят.

Как бы то ни было, на Пьера Кюри свободное обучение в домашней обстановке оказало самое благотворное влияние и позволило ему закончить курс средней школы раньше обычного. В 16 лет он уже сдал экзамен на степень бакалавра естественных наук и приступил к подготовке к экзамену на степень лиценциата *).

*) Во Франции до сих пор сохранилась средневековая степень «бакалавр» в качестве низшей учёной степени. Для получения степени бакалавра естественных наук необходимо предварительно получить степень бака-

По существу Пьер Кюри никогда не проходил систематического курса и в университете. Правда, готовясь к лиценциатскому экзамену, он посещал лекции в Сорбонне и выполнял там же практические занятия в лаборатории. Но наряду с этим он имел доступ в лабораторию профессора Деру в Фармацевтической школе, где он «помогал при подготовке к лекциям по физике» (М. Кюри). Большое значение для него имело то, что его брат Жак, с которым Пьера соединяла тесная дружба, в то время был уже лаборантом у химиков Ришá и Юнгфлейша. Пользуясь этим, Пьер проводил много времени в лаборатории, привыкая к лабораторной обстановке и практически приобретая множество знаний, так сказать, из «лабораторного воздуха».

Как бы то ни было, идя этими необычными путями, Пьер Кюри получил степень лиценциата физики в возрасте 18-ти лет. Своими блестящими способностями он обратил на себя внимание профессора Дезэна, по представлению которого девятнадцатилетний Пьер был назначен лаборантом Дезэна на «Факультете наук» (по нашей схеме — физикоматематический факультет) Парижского университета.

В этой должности он пробыл 5 лет, помогая проведению практических занятий студентов. Эта работа отнимала у него много времени и сил, и М. Кюри выражает сожаление по поводу того, что, будучи вынужден по материальным соображениям взять эту работу, Пьер не имел возможности посвятить учению ещё два или три года. В самом деле, он испытывал, с одной стороны, неудовлетворённость тем, что его образование — в частности математическое — ещё не соответствовало тем высоким требованиям, которые он предъявлял к самому себе. С другой стороны, обладая натурой сосредоточенной, несколько мечтательной, он буквально страдал от того, что был вынужден уделять много времени обязательным занятиям и «мелочам жизни». В его дневниках того времени мы можем прочесть следующие полные тревоги строки: «Я очень редко предоставлен самому себе; обычно часть моего „я“ спит. Бедный мой ум, неужели ты так слаб, что не можешь воздействовать на моё тело? О мои мысли! Значит, Вы так ничтожны! Я больше всего надеялся на своё восприятие, что оно вытащит меня из колеи, но я очень боюсь, как бы оно не умерло».

Однако от этих тревог и сомнений Пьер скоро освободился и нашёл свой путь. Он ясно понял, что его призвание — наука, и он решительно пошёл по этому пути, начав свою деятельность ещё в юношеском возрасте — почти мальчиком — несколькими блестящими работами.

лавра литературы (*bachelier ès lettres*), которая, по существу, является завершением курса общеобразовательной средней школы.

Лиценциатом называется тот бакалавр, которому разрешено чтение лекций, хотя он не имеет учёной степени доктора.

Его первая работа была опубликована в 1880 г. совместно с профессором Дезеном. В этой работе ему удалось с помощью проволоочной дифракционной решётки и термоэлемента измерить длину волны инфракрасных лучей, испускаемых нагретыми телами. Если в этой работе обнаружилось незаурядное экспериментальное искусство юного физика, то в ряде следующих работ, опубликованных в быстрой последовательности в 1881 и в 1882 гг., Пьеру Кюри и его брату Жаку, работавшему в то время в качестве лаборанта у известного кристаллографа Фриделя в минералогической лаборатории Сорбонны, удалось сделать блестящее открытие: они открыли пьезоэлектрический эффект в кристаллах. Это открытие, сделанное совершенно самостоятельно двумя молодыми учёными (Пьеру в то время был 21 год, а Жак был старше его на три с половиной года), было отнюдь не случайным, но явилось следствием глубоких размышлений о свойствах кристаллов и о роли симметрии в явлениях природы. В сообщении, сделанном в Парижской Академии 2 августа 1880 г. и опубликованном в 41 томе *Comptes Rendus*, братья Кюри пишут: «Кристаллы, имеющие одну или несколько осей, концы которых неодинаковы, т. е. гемиздрические кристаллы с косыми гранями, обладают особым физическим свойством заряжаться электричеством противоположного знака на концах указанных осей, будучи подвергнуты изменению температуры. Это свойство называется пирозлектричеством.

Мы нашли новый метод возбуждения полярного электричества в тех же кристаллах, который состоит в том, что их подвергают изменению давления вдоль их осей гемиздри.

Явления, совершенно аналогичные тем, какие вызываются нагреванием: при сжатии концы осей, вдоль которых действует сжатие, заряжаются противоположным электричеством. Если привести кристалл в нейтральное состояние и затем растянуть, то явление воспроизводится, но с обращением знаков: конец, заряжавшийся положительно при сжатии, станет отрицательным при растяжении, и наоборот» *).

Далее в этом и в последующих сообщениях описывается способ изготовления пластинок, обнаруживающих пьезоэлектрический эффект, и перечисляются вещества, в кристаллах которых этот эффект наблюдается, — в том числе кварц и сегнетова соль.

Открытие братьев Кюри вызвало большой интерес среди физиков и кристаллографов. Год спустя Липпман обратил внимание на то, что с термодинамической точки зрения должен существовать эффект, обратный найденному П. и Ж. Кюри: если при сжатии или растяжении пластинки кристалла она приобретает электрическую полярность, то наложение электрического поля должно вызывать механический эффект, т. е. растяжение или сжатие, смотря

*) Oeuvres de Pierre Curie. Gautier-Villars, Paris, 1908, стр. 6.

по направлению поля. Ввиду малой величины обратного эффекта обнаружение его оказалось делом значительно более трудным. Однако новыми тонкими опытами братья Кюри подтвердили правильность предсказания Липпмана и показали, что пьезоэлектрический коэффициент имеет одинаковую величину для прямого и обратного эффекта. Они указали также на то, что соотношение между обоими эффектами — прямым и обратным — аналогично тому, какое требуется законом Ленца для электродвижущей силы индукции и вызывающим её действием: если при растяжении кристалла на его гранях появляются электрические заряды определённых знаков, то в обратном эффекте при том же распределении знаков зарядов кристалл сжимается и наоборот.

Хотя открытие Пьера и Жака Кюри непосредственно после его опубликования вызвало интерес среди учёных, в последующие тридцать с лишним лет оно не привлекало к себе внимания и было мало известно. Оно казалось некоторой тонкостью, любопытной игрой природы, не имеющей никаких перспектив на широкое практическое применение. В самом деле, единственное применение было сделано самим Пьером Кюри, использовавшим пьезоэлектрические свойства кварца в технике измерений слабых ионизационных токов. Поворот наступил в конце первой мировой войны, когда ученик Пьера Кюри, выдающийся французский физик Поль Ланжевен, предложил использовать кварцевые пластинки как излучатели, а в последствии — также, и как приёмники высокочастотных звуковых колебаний под водой. Эта идея оказалась в высшей степени плодотворной. Она была использована в гидроакустике как в военных, так и в мирных целях. С другой стороны, появление мощных высокочастотных акустических излучателей стимулировало возникновение и развитие новой области: исследование и применение ультразвуков. В настоящее время применения пьезоэлектрических кристаллов необычайно обширны и разносторонни. Радиотехнические приборы, микрофоны, телефоны, адаптеры электропроигрывателей, наконец, измерители взрывных давлений, вибраций в машинах — таков краткий и неполный перечень применений, казалось бы незначительного и сугубо «теоретического» явления, открытого двумя молодыми физиками в восьмидесятых годах прошлого столетия. Современная монография по пьезоэлектричеству *) представляет собой том внушительных размеров и в его литературном указателе — свыше 600 названий работ, посвящённых изучению и применениям пьезоэлектричества.

Окончание работы по изучению пьезоэлектрических кристаллов совпало с поворотом в жизни и деятельности Пьера Кюри. В 1883 г.

*) W. Cady, Piezoelectricity, New York — London, 1946 (русский перевод под редакцией А. В. Шубникова: У. Кэди, Пьезоэлектричество и его практические применения, ИЛ, 1949, стр. 717).

прекратилась совместная работа братьев Кюри, так как Жак уехал из Парижа в Монпелье, где он получил место в университете в качестве руководителя практических работ по минералогии. Одновременно Пьер был приглашён во вновь возникшее своеобразное высшее учебное заведение — «Техническую школу физики и химии города Парижа», основанную по инициативе знаменитого химика Шютценбергера, который и был первым директором «Школы». В этом учебном заведении протекала научная и педагогическая деятельность Пьера Кюри в течение 22 лет, — сначала в качестве руководителя практических занятий (по нашей номенклатуре — ассистента), а затем — профессора. Отношение к нему директора Школы, проф. Шютценбергера, его коллег и студентов было превосходным: несмотря на свою молодость, он пользовался большим авторитетом и симпатиями. Но средств для работы было очень мало и помещение крайне ограничено.

На первых порах Пьеру Кюри пришлось выполнить большую и хлопотливую работу по организации студенческой лаборатории. Много времени ушло также на обычную в начале всякой педагогической деятельности подготовку практических занятий и лекционных курсов. Все эти новые для него задачи Пьер Кюри решил превосходно, но на его экспериментальных работах эта деятельность отразилась неблагоприятно, так как в течение нескольких лет он вообще не имел возможности самостоятельно работать в лаборатории. Однако научная деятельность Кюри не прекратилась, и в течение ближайших двух лет он опубликовал ряд статей об общих принципах симметрии и, в частности, — симметрии явлений. Эти статьи представляют глубокий теоретический и философский интерес.

В работе, посвящённой симметрии явлений, Пьер Кюри формулирует следующие три общих закона симметрии:

«Когда определённые причины порождают определённые следствия, элементы симметрии причин должны вновь проявиться в порождаемых ими следствиях.

Когда определённые следствия заключают в себе определённую диссимметрию, эта диссимметрия должна находиться и в породивших явления причинах.

Положения, обратные двум предыдущим, не имеют места, по крайней мере на практике, т. е. следствия могут быть симметричнее вызвавших их причин».

В своей работе Кюри показал на конкретных примерах, как нужно применять эти общие положения, чтобы предсказывать возможность или невозможность осуществления того или иного явления в определённых условиях.

В тот же период, именно в 1885 г., Кюри опубликовал важную теоретическую работу о росте кристаллов. В этой работе он впервые ввёл понятие о поверхностной энергии граней кристалла и формулировал общий принцип роста кристалла, согласно которому

равновесной формой кристалла должна быть та, поверхностная энергия которой при данном объеме кристалла будет наименьшей. Важные применения этого принципа к проблемам роста кристаллов были развиты выдающимся русским физиком-кристаллографом Ю. В. Вульфом.

К началу девяностых годов преподавание в Школе было уже в значительной степени налажено, и Кюри мог вернуться к экспериментальной работе. Правда, внешние условия для этого были мало благоприятны. У него не было не только собственной лаборатории, но даже и изолированной комнаты для работы. Приходилось собирать установки в студенческой лаборатории, когда там не работали студенты, а обширная классическая работа по магнетизму была поставлена где-то в проходе между лестницей и лабораторией студенческого практикума. Не было также и специальных денежных ассигнований на работу, и средства приходилось урывать из достаточно ограниченного бюджета того же практикума. Эта крайняя недостаточность средств и отсутствие настоящей лаборатории преследовали Кюри всю жизнь. Даже тогда, когда он и Мария Кюри, после открытия радия, сделались знаменитыми и популярнейшими в мире людьми, — ему приходилось вести тяжёлую борьбу за лабораторию.

Наиболее важной работой Кюри, выполненной в начале девяностых годов, было уже упомянутое исследование магнитных свойств вещества: «Магнитные свойства тел при различных температурах»^{*)}. В начале этой работы Кюри констатирует, что с точки зрения своих магнитных свойств тела делятся на три категории: тела диамагнитные, к числу которых относится большинство тел природы, тела слабомагнитные (парамагнитные) и, наконец, — тела ферромагнитные. На первый взгляд, продолжает Кюри, эти три категории тел резко между собой разграничены. Но сохранится ли это разграничение при более глубоком изучении? Не существует ли переходов между этими группами? Имеем ли мы дело с явлениями, существенно различными, или с одним и тем же явлением, более или менее деформированным? Таковы проблемы, которые глубоко интересовали ещё Фарадея.

Для ответа на поставленные вопросы, по мнению Кюри, следует изучить магнитные свойства тел при самых разнообразных условиях, меняя в широких пределах температуру, давление, напряжённость внешнего магнитного поля. В своей работе Кюри поставил себе задачу изучить магнитные свойства большого числа тел, относящихся к различным категориям, при разных температурах, которая в некоторых случаях доходила до 1370°.

В результате обширных и крайне тонких измерений, выполненных к тому же в очень неблагоприятных условиях, Кюри пришёл

^{*)} P. Curie, *Oeuvres*, стр. 232—345.

к совершенно отчётливым результатам, делающим эту работу классической. Именно он показал, что между телами диамагнитными и телами, относящимися к двум остальным категориям, имеется принципиальное различие: в то время как диамагнитная восприимчивость не зависит от температуры, тела пара- и ферромагнитные обнаруживают определённую зависимость от температуры. Именно в случае парамагнитных тел зависимость восприимчивости от температуры подчиняется очень простому закону, согласно которому восприимчивость обратно пропорциональна абсолютной температуре:

$$\chi_m = \frac{C}{T}$$

— закон Кюри, где χ_m — магнитная восприимчивость, отнесённая к одному молю вещества, а C — постоянная, называемая постоянной Кюри. Ферромагнитные тела обнаруживают более сложную зависимость от температуры ввиду того, что у них при сравнительно небольших полях достигается насыщение. Характерно, однако, что выше некоторой определённой температуры θ , называемой точкой Кюри, ферромагнитные тела начинают вести себя как парамагнетики и при достаточном удалении от точки Кюри подчиняются закону Кюри с той разницей, что в его выражении температуру следует отсчитывать не от абсолютного нуля, но от точки Кюри:

$$\chi_m = \frac{C}{T - \theta}$$

Работа о магнитных свойствах тел была представлена и защищена в качестве докторской диссертации в 1895 г. В том же году, по настоянию известного физика Маскара, директор «Школы физики и химии» Шютценбергер добился учреждения специальной кафедры, которая и была предоставлена Пьеру Кюри. Таким образом, внешне положение Кюри улучшилось, однако это почти не повлияло на крайне неудовлетворительные условия его научной работы. Это было тем более удивительно, что к тому времени его работы получили полное признание и сам он приобрёл мировую репутацию первоклассного учёного.

Около того же времени в личной жизни Пьера Кюри произошло событие, сыгравшее важнейшую роль в его последующей судьбе. В 1894 г. он познакомился с Марией Склодовской, которая тогда была оканчивающей студенткой Сорбонны, а в середине 1895 г. она стала женой Пьера Кюри. Мария Склодовская, впоследствии Склодовская-Кюри, была полька, дочь преподавателя физики в Варшаве, где она окончила женскую гимназию и некоторое время была учительницей. Пламенная патриотка, она мечтала об освобождении своей родины от гнёта царизма. Она направилась в Париж для получения образования и хотела по окончании университета вернуться обратно в Варшаву и посвятить себя служению своему народу. Предложение Пьера Кюри стать его женой меняло весь план

её жизни. Когда летом 1894 г. она уехала на каникулы домой, Пьер Кюри писал ей в одном из писем: «Мы обещали друг другу (не правда ли?) быть по крайней мере большими друзьями. Если бы Вы только не изменили своего намерения. Нельзя ведь связать себя обещаниями; не в нашей власти их сдержать. А между тем, как хорошо было бы (хотя я не смею этому верить) идти в жизни друг подле друга, загипнотизированными нашими мечтами: Вашей патристической мечтой; нашей гуманитарной мечтой и нашей научной мечтой». Из всех трёх последняя — научная мечта — была самой притягательной для Пьера Кюри, так как он непоколебимо верил, что в жизни человечества наука — самое главное, что «наука и мир восторжествуют над невежеством и войной» (слова Пастера) и дадут счастье человечеству.

Научная мечта была особенно дорога для Пьера и Марии Кюри не только потому, что она неразрывно переплеталась с их социальной мечтой, но и потому, что она давала радость и красоту их жизни. Много лет спустя, в 1933 г., за год до своей смерти в интервью «Комитету интеллектуальной кооперации» Мария Кюри сказала: «Я принадлежу к числу тех, кто считает, что в науке есть большая красота. Учёный в своей лаборатории не только техник; перед явлениями природы он испытывает такие же чувства, какие испытывает ребёнок, слушая волшебную сказку» *).

Мечта Пьера Кюри о совместной научной работе с Марией Склодовской-Кюри вскоре осуществилась. Директор Школы физики и химии, проф. Шютценбергер, разрешил Марии Кюри работать вместе со своим мужем в помещениях школы. В 1896 г. главной научной сенсацией было открытие радиоактивности Анри Беккерелем. Историю этого открытия, с которым была связана вся дальнейшая судьба супругов Кюри, часто излагают не точно. Так как это открытие положило начало развитию ядерной физики, стоит в немногих словах восстановить его точную историю.

Началом истории послужило, как известно, открытие рентгеновских лучей, сделанное Рентгеном в конце 1895 года. Уже 20 января 1896 г. А. Пуанкаре демонстрировал на заседании Парижской Академии наук присланные ему Рентгеном фотографии. В связи с вопросом, заданным А. Беккерелем, Пуанкаре высказал предположение, что источником рентгеновских лучей является зелёное люминесцирующее пятно стеклянной стенки разрядной трубки. Это предположение Пуанкаре сформулировал и печатно в заметке, опубликованной 30 января 1896 г.

Так как Беккерель занимался изучением люминесценции, он очень заинтересовался этой гипотезой и решил исследовать, не происходит ли испускание рентгеновских лучей при всякой (видимой)

*) Цитирую по статье Ирэн Жوليو-Кюри: «La vie et l'oeuvre de Marie Sklodowska-Curie».

флуоресценции. К счастью, в числе флуоресцирующих веществ, ранее изучавшихся им и его отцом Эдмондом Беккерелем, была соль урана — уранилсульфат калия. 24 февраля 1896 г. Беккерель сообщил Академии, что если положить ураниловую соль на завёрнутую в чёрную бумагу фотографическую пластинку и выставить на несколько часов на солнце, то на пластинке появляется «силуэт флуоресцирующего вещества». Казалось бы, что тем самым первоначальная идея о связи проникающего излучения и способности к флуоресценции была подтверждена. Однако как настоящий экспериментатор Беккерель продолжал свои опыты и стал искать факты, противоречащие этому толкованию. Действительно, 2 марта того же года Беккерель сообщил, что описанный ранее эффект наблюдается и тогда, когда соль урана вовсе не освещается и что этот факт он считает особенно важным. Далее (18 мая) он сообщил, что все исследованные им соли урана, флуоресцирующие и не флуоресцирующие, кристаллические или расплавленные, или находящиеся в растворе, проявляют свойство воздействовать на фотопластинку и вызывать ионизацию воздуха.

С другой стороны, вещества, люминесценция которых расположена в той же области спектра, что и люминесценция ураниловых солей, но которые не содержат урана, как, например, сульфиды цинка и кальция, не обнаруживали ни в темноте, ни при освещении никаких признаков проникающего излучения.

Тем самым было установлено, что именно уран обладает свойством без какого-либо внешнего воздействия непрерывно испускать проникающее излучение, т. е. было открыто явление радиоактивности. Впрочем, термин «радиоактивность» был введён позднее М. Кюри, и первоначально проникающее излучение урана называлась «лучами Беккереля».

Это явление очень заинтересовало супругов Кюри и Мария Кюри решила посвятить ему свою докторскую диссертацию. Взявшись за работу, М. Кюри показала, что свойство испускать проникающее излучение есть свойство атомов урана и не зависит от того, в какое химическое соединение входит уран: интенсивность излучения оказалась строго пропорциональной количеству урана, входящего в любое соединение, и не зависящей ни от каких внешних условий (освещение, температура и т. д.). Далее М. Кюри поставила себе задачу установить, нет ли среди известных в то время химических элементов других элементов, кроме урана, которые бы обладали аналогичными свойствами. Таким оказался только торий *).

Все эти и последующие работы были выполнены с простой установкой, состоявшей из следующих частей: на нижнюю пластин-

*) Полная сводка работ Кюри дана в её диссертации: *Recherches sur les Substances Radioactives*, par M^{me} Skłodowska-Curie. Paris, Gauthier — Villars, 1904.

ку плоского конденсатора, на которую накладывался потенциал от батареи, насыпался испытуемый образец в виде порошка. Верхняя пластинка присоединялась к квадрантному электрометру особой конструкции, разработанной Пьером Кюри во время его работы над пьезоэффектом (электрометр Кюри). В тех случаях, когда образец был источником проникающего излучения, он вызывал электропроводность воздуха, и электрометр заряжался. Этот заряд компенсировался зарядом, возникавшим на пьезокварце, который растягивался гирями, положенными на чашку. Таким образом, мерой интенсивности эффекта служил вес растягивающих кварц гирек. Установка была проста и работала надёжно, несмотря на то, что она находилась, как говорит М. Кюри, «не на своём месте», в сыром помещении, которое только и могло быть предоставлено ей для работы.

Испробовав на радиоактивность различные элементы, М. Кюри перешла к исследованию минералов. При этом обнаружился замечательный факт: оказалось, что существуют урановые минералы, активность которых превосходит активность заключённого в них урана. Так, например, активность урановой смоляной руды из Иохимстале в Богемии в три раза превышала активность такого же количества металлического урана. Невольно напрашивалось предположение, что эти минералы содержат, кроме урана, какое-то ещё неизвестное вещество, обладающее очень высокой активностью, и так как все известные до того элементы были уже исследованы Марией Кюри, то она высказала предположение, что этим неизвестным веществом является новый элемент.

Уже с самого начала работы Пьер Кюри принимал в ней живейшее участие. Вот что пишет по этому поводу старшая дочь Марии и Пьера — Ирэн Кюри *): «Мария Кюри начала изучать эту проблему в декабре 1897 г.; менее чем через месяц к ней присоединился Пьер Кюри. Три маленькие лабораторные записные книжки, начатые в декабре 1897 г. и оканчивающиеся июлем 1899 г., позволяют проследить историю их тесного сотрудничества в открытии полония и радия. В течение первых месяцев работы на страницах первой записной книжки видны отчётливые и аккуратные записи моей матери и кое-где на полях — несколько строчек, нацарапанных отцом: то это — кривая, то — запись измерений, сделанных им самим. Всё это показывает, с каким неизменным интересом он следил за работой. После измерений активности урана идут записи измерений различных веществ, очевидно, взятых случайно — различные вещества, находившиеся в лаборатории, далее — урановые минералы, ненормально высокая активность которых выявила вероятное нахождение в них неизвестных радиоэлементов, наконец — измерения тория. Мой отец всегда работал вместе с моей матерью; в записных

*) Irène Joliot-Curie. La vie et l'oeuvre de Marie Sklodowska-Curie — Pensée, 1954, № 88 p. 19.

книжках виден их почерк то на одной, то на другой странице, а иногда и записи обоих на одной и той же странице».

В июле 1898 г., через шесть месяцев после начала их исследований, Пьер и Мария Кюри объявили об открытии нового радиоактивного элемента — полония, а в декабре 1898 г. — об открытии радия. Однако это вещество находилось в их препаратах в «бесконечно-малых количествах».

Всю эту большую работу супруги Кюри провели в исключительно неблагоприятных условиях. В упоминавшейся уже биографии Пьера Кюри Мария Кюри так ярко описывает обстановку их работы, что стоит привести это описание полностью: «Несмотря на относительно быстрый ход работы, она была далеко не закончена. По нашему мнению, там, без сомнения, были новые элементы; но, чтобы заставить химиков признать это мнение, надо было выделить эти элементы... Мы уже знали, какими методами можно надеяться отделить полоний от висмута и радий от бария, но для этого отделения нужны были гораздо большие количества вещества, чем те, с которыми мы имели дело.

В этот период нашей работы нам очень вредил недостаток необходимых средств: помещения, денег и персонала. Смоляная урановая руда была дорогим минералом, и мы не могли купить достаточного количества. Главный источник этого минерала находился тогда в Сент-Иоакимстале (Богемия), где залежала руда, разрабатываемая австрийским правительством в целях добычи из неё урана. По нашим предположениям весь радий и часть полония должны были находиться в отбросах этого производства, которые в то время никак не утилизировались. Благодаря поддержке Венской Академии наук нам удалось получить на выгодных условиях несколько тонн этих отбросов, и мы употребили их в качестве исходного материала. Для покрытия издержек исследования нам сначала пришлось употребить собственные средства, а потом мы получили несколько пособий и премий из-за границы.

Особенно важен был вопрос о помещении; мы не знали, где нам можно вести химическую переработку. Пришлось организовать её в заброшенном сарае, отделённом двором от мастерской, где находился наш электрометрический прибор. Это был барак из досок, с асфальтовым полом и стеклянной крышей, недостаточно защищавшей от дождя, без всяких приспособлений; в нём были только старые деревянные столы, чугунная печь, не дававшая достаточно тепла, и классная доска, которой так любил пользоваться Пьер Кюри. Там не было вытяжных шкафов для опытов с вредными газами, поэтому приходилось делать эти операции на дворе, когда позволяла погода, или же в помещении при открытых окнах.

В этой «богатой» лаборатории мы работали почти без помощников два года, ведя сообща как химическую обработку, так и изучая

излучения получаемых нами всё более и более радиоактивных продуктов. Потом пришлось разделить наш труд: Пьер Кюри продолжал исследование свойств радия, а я занялась химическими операциями с целью получения чистых солей радия».

Открытие радия, в миллион раз более активного нежели уран, было новой научной сенсацией конца девяностых годов — этого периода, столь богатого ошеломляющими научными открытиями. Имя супругов Кюри было у всех на устах, а так как среди физиков Пьер Кюри был уже давно известен своими работами по кристаллам, симметрии и магнетизму, то открытие радия и исследование его свойств, изучение характера, природы и действий его излучений, выполненные Пьером Кюри частью в сотрудничестве с Марией Кюри, частью совместно с рядом молодых физиков (Ж. Бемон, А. Дебьерн), создали ему славу одного из самых выдающихся физиков мира.

Однако труднее всего признание давалось Пьеру Кюри у себя на родине, во Франции. Дело было не в недостатке уважения к нему со стороны учёных, а в полном несоответствии между его заслугами, его потребностями в средствах для научной работы, в хорошо оборудованной лаборатории, с одной стороны, и его материальным и академическим положением, с другой. Он попрежнему был профессором скромной Школы физики и химии, работал в бедной лаборатории — сарае, а его заработка не хватало даже для удовлетворения самых скромных потребностей его небольшой семьи. Преодолевая своё отвращение к хлопотам о личном устройстве, он время от времени возбуждал вопрос о предоставлении ему освобождённых кафедр, но неизменно получал отказ. Дело дошло до того, что он вынужден был дополнительно взять должность репетитора Политехнической школы, абсолютно не соответствовавшую его возрасту и истинному рангу в науке.

Положение Пьера Кюри несколько улучшилось после того, как он отклонил очень благоприятное для него предложение занять кафедру в Женевском университете. Опасность потерять такого учёного для Франции побудила его друзей усилить хлопоты о предоставлении Пьеру Кюри подходящей для него кафедры. Эти усилия, однако, увенчались весьма скромным эффектом. Благодаря поддержке Анри Пуанкаре, Кюри был назначен лектором так называемого Р. С. Н. Это — сокращённое название подготовительного отделения Сорбонны для медицинского и естественного факультетов (Р. С. Н. — первые буквы слов *Physique Chimie, [Histoire] Naturelle*). Одновременно Мария Кюри была назначена лектором Женской нормальной школы в Севре (высшее учебное заведение, аналогичное дореволюционным Высшим женским курсам в России). Это улучшило материальное положение супругов Кюри, но ухудшило условия их научной работы, так как лабораторий Пьер Кюри не получил и вынужден был попрежнему пользоваться спасительным

сараем в Школе физики и химии, а добавочная педагогическая работа брала много времени и сил.

Несмотря на это в промежуток времени между 1899 и 1903 гг. Пьер Кюри выполнил ряд очень важных работ. Во-первых, при помощи Центрального общества химических продуктов Кюри удалось организовать промышленную добычу радия. Для этой цели ему, конечно, пришлось детально разработать технологию извлечения радия из урановой руды. С характерным для него бескорыстием Пьер Кюри отказался извлекать выгоды из открытия своего и Марии Кюри. Они не взяли никаких патентов и со всеми деталями опубликовали технологию добывания радия. Мало того, Пьер и Мария Кюри охотно давали дополнительные пояснения всем, кто обращался к ним с письмами также и из-за границы по поводу различных деталей сложной процедуры получения в чистом виде этого драгоценного вещества. Первоначальная обработка руды вплоть до получения радионосного бария выполнялась на фабрике, а последние тонкие операции — по отделению радия от бария — в лаборатории. По мере развития производства добываемое количество радия увеличивалось и уже в 1902 г. М. Кюри приготовила один дециграмм чистого хлористого радия, стоимость которого составляла 75 000 золотых франков!

Наряду с этой практической работой по организации фабричного добывания радия, наряду с большой затратой времени и сил на педагогическую работу в двух высших учебных заведениях Пьеру Кюри удалось в тот же период сделать несколько очень важных работ «путём сверхчеловеческого усилия», как пишет М. Кюри в своей книжке. Среди этих работ, несомненно, самой важной было открытие непрерывного выделения тепла радием. В заметке, опубликованной совместно с А. Лабордом, П. Кюри описывает следующий простой опыт: в небольшой дьюар была помещена ампула с солью радия и термометр; в расположенном рядом другом таком же дьюаре находился хлористый барий и термометр. Оказалось, что термометр в первом дьюаре показывает более высокую температуру, нежели во втором; при этом подсчёт освобождаемого количества тепла дал цифру, мало отличающуюся от принятой в настоящее время: 1 г радия, по измерениям П. Кюри и А. Лаборда, освобождает количество тепла порядка 100 кал в час. Насколько ясно понимал П. Кюри всё значение этого факта, видно из приводимых ниже заключительных строк сообщения: «1 грамм-атом радия (225 г) освобождает в течение каждого часа 22 500 кал — число, сравнимое с количеством тепла, освобождаемым при сжигании 1 грамм-атома водорода в кислороде.

Непрерывное освобождение такого количества тепла не может объясняться обыкновенным химическим превращением. Если искать происхождение этого развития тепла во внутреннем преобразовании, то это преобразование должно быть более глубоким и должно

вызываться превращением самого радия. Однако подобное превращение — если только оно имеет место — должно происходить очень медленно... Если всё-таки предыдущая гипотеза верна, то энергия, освобождаемая при трансформации атомов, должна быть исключительно велика» *).

Из других важных работ этого периода упомянем исследование закона распада эманации радия, а также — исследование физиологического действия лучей радия. Физиологическое действие П. Кюри испытал на самом себе, подвергнув свою руку действию лучей радия в течение нескольких часов. В результате возникла рана, не заживавшая в течение нескольких месяцев. Убедившись таким образом в сильнейшем физиологическом действии, Кюри принял вместе с врачами опыты по излечению некоторых болезней сначала на животных, а затем и на человеке.

1903 г. принёс ряд важных открытий в области радиоактивности. Уже упоминалось открытие выделения тепла радием. В том же году Рамзай и Содди доказали возникновение гелия из эманации радия. Этот результат был подтверждён во время поездки супругов Кюри в Англию в работе, выполненной П. Кюри совместно с Дьюаром.

Наряду с этим, путём сравнения спектра радия со спектром эманации, был доказан элементарный характер последней. Эти опыты послужили совершенно убедительным доказательством реальности превращений атомов. Вместе с тем постепенно сложилось убеждение, что гелий не является звеном радиоактивных превращений, но представляет собой α -частицы, потерявшие заряд. Это заключение было подтверждено несколько лет спустя изящным прямым опытом Резерфорда и Ройдса. В то же время гипотеза радиоактивного распада, намеченная П. Кюри в очень общей форме, получила совершенно отчётливую и конкретную формулировку в работе Резерфорда и Содди, а затем была во всех деталях математически развита Резерфордом.

Надо перенестись в научную атмосферу начала девятисотых годов со сложившейся к этому времени твёрдой верой в неизменность химических элементов, чтобы понять громадное впечатление, произведённое этими открытиями. Это был настоящий взрыв. Гипотеза Прюта о сложности химических элементов, совсем недавно объявленная знаменитым французским химиком Стасом «чистой иллюзией», снова приобрела научный интерес, и мечты алхимиков воплощались в этих превращениях элементов, — правда происходивших в ничтожном масштабе и помимо воли экспериментатора!

Естественно, что имена Пьера и Марии Кюри, которые открыли этот чудесный элемент — радий, — непрерывно излучающий огромную энергию, превращающийся в другие элементы и в свою очередь возникающий из урана, помогающий лечить такие тяжёлые болезни,

*) P. Curie, Owres, стр. 450.

как волчанка или раковые опухоли, — имена супругов Кюри, открывших этот чуть ли не «философский камень» алхимиков, приобрели огромную популярность.

А между тем у себя на родине, во Франции, Пьера Кюри продолжали преследовать неудачи. Достаточно сказать, что, когда в 1902 г. по настоянию Маскара Пьер Кюри выставил свою кандидатуру в Академию наук, он не был избран, несмотря на единогласную поддержку физической секции Академии.

Признание, однако, вскоре пришло, но пришлось из-за границы. В 1903 г. Пьеру и Марии Кюри была присуждена Лондонским королевским обществом медаль имени Дэви и их поездка в Англию для получения медали была настоящим триумфом. Почти одновременно они получили Нобелевскую премию пополам с А. Беккерелем. Эти события были очень важны для Пьера Кюри, так как они сильно подняли его авторитет и вместе с тем дали ему материальную возможность отказаться от преподавания в Школе физики и химии.

Огромная популярность, которую приобрели супруги Кюри, имела и свою обратную сторону: вокруг них создалось слишком много шума. Бесконечные визиты, письма, на которые нужно было отвечать, преследования журналистов и фотографов всех стран, бесчисленные посещения коллекционеров автографов и т. п. — всё это утомляло и мешало работать. В январе 1905 г. в письме к своему другу Гуи Пьер Кюри писал: «Что касается работы, то я ничего в настоящее время не делаю. Лекции, ученики, установка приборов, бесконечная вереница лиц, которые приходят Вам мешать без всяких серьёзных к тому оснований, вот в чём проходит вся жизнь и не остаётся времени заняться чем-нибудь полезным».

Эта шумиха всё же имела и положительную сторону для Пьера Кюри. По словам Марии Кюри, общественное мнение Франции было взволновано тем, что учёный, получивший мировое признание своих заслуг, у себя на родине занимает подчинённое положение на академической лестнице. Под давлением общественного мнения ректор Парижской Академии Лиар провёл через парламент учреждение для Пьера Кюри специальной кафедры в Сорбонне. При этом едва не произошла грубая ошибка, которая свела бы на нет это достижение: парламент, вотировавший утверждение кафедры, не предусмотрел кредитов на лабораторию. Узнав об этом, Пьер Кюри категорически отказался от кафедры. Это произвело должное впечатление и дополнительно были утверждены кредиты для лаборатории и очень скромный штат её, состоящий всего из трёх «единиц» (по нашей терминологии): руководитель работ, которым была назначена Мария Кюри, препаратор и служитель. Однако это, как первый этап, удовлетворяло Пьера Кюри и в начале 1904/1905 академического года он приступил к деятельности уже в качестве профессора Сорбонны. Помещение в Р. С. Н., которое он занимал до того, было расширено и, кроме того, во дворе было

построено для лаборатории и мастерской небольшое здание. К сожалению, Пьер Кюри почти не смог воспользоваться этим улучшением условий работы. Хотя по условиям утверждения его кафедры ему была предоставлена большая свобода в выборе программы лекций и, пользуясь этим, Кюри выбрал предметами своих курсов наиболее близкие ему вопросы симметрии и радиоактивности, всё же подготовка этих курсов и устройство лаборатории вновь потребовали от него затраты сил и времени. Кроме того, его волновали вопросы о реформе образования и методов преподавания, так как, будучи «до корней волос» естествоиспытателем, он мечтал об изгнании схоластики из школы, о переносе центра тяжести на преподавание наук о природе. С целью пропаганды этих взглядов, он принимал горячее участие в деятельности Ассоциации профессоров факультета наук Парижского университета. В силу совершенно случайного стечения обстоятельств это участие оказалось для него роковым. 19 апреля 1906 г. он был на собрании Ассоциации. Выйдя из заседания и направляясь домой, он поскользнулся на мостовой и попал под копыта лошадей тяжело гружёной ломовой телеги. Полученный им удар в голову повлёк за собой немедленную смерть. В одно мгновение остановилось это горячее сердце и прекратилась деятельность этого глубокого и оригинального ума, который бы мог ещё так много дать человечеству!

Так трагически закончилась жизнь этого замечательного учёного и человека, закончилась как раз в тот момент, когда после долгих лет борьбы за создание необходимых условий для работы, счастье, наконец, улыбнулось ему. «Можете ли Вы себе представить, пишет Мария Кюри, сожаление, которое должен испытывать деятель-энтузиаст, занятый великими творениями, когда осуществление его мечты систематически задерживается постоянным недостатком средств? И можем ли мы без чувства глубокой боли думать о непоправимом расточении самого великого блага нации: гения, сил и мужества её лучших сынов».

Несмотря на свою короткую жизнь Пьер Кюри успел поработать в различных областях физики и везде он получил результаты, которые останутся навсегда достоянием науки. Это потому, что во всех областях, в которых он работал, его проницательному взору открывались новые явления, незаметные для обыкновенного наблюдателя и его острая физическая интуиция позволяла ему увидеть в сложном переплетении фактов самые основные закономерности. Характерные черты его таланта прекрасно выразил его друг и почитатель, сам выдающийся учёный, Анри Пуанкаре: «Кюри внёс в изучение явлений какое-то особое тонкое чутьё, позволявшее ему подмечать аналогии, о существовании которых никто не подозревал, и разбираться в столь сложных явлениях, где другие неизбежно бы запутались».

Среди явлений, открытых Пьером Кюри, не найдётся таких, которые бы мы могли признать менее важными, нежели другие.

Но самым актуальным, с точки зрения задач нынешнего дня в науке, в технике и во всей жизни человечества, является, конечно, открытие самопроизвольного освобождения энергии радиоактивными веществами, т. е. открытие самого факта существования огромных запасов энергии в недрах атомов. Быть может, одним из самых ярких доказательств проницательности Кюри является та оценка значения этого открытия, которая дана им в заключительных словах его Нобелевской речи. Вот эти слова: «Нетрудно предвидеть, что в преступных руках радий может сделаться крайне опасным, и вот возникает вопрос, действительно ли полезно для человечества знать секреты природы, действительно ли оно достаточно зрело для того, чтобы их правильно использовать, или это знание принесёт ему только вред. Пример сделанного Нобелем открытия *) является в этом отношении характерным. Мощные взрывчатые вещества позволили людям совершить замечательные деяния, и они же явились страшным средством разрушения в руках великих преступников, толкавших народы на путь войн». Какие поразительные пророческие слова! Трудно поверить, что они были сказаны не вчера или сегодня, а больше пятидесяти лет назад, когда перед глазами учёного были не атомные бомбы или мощные ядерные реакторы наших дней, но крохотная крупинка радия, вызывавшая повышение температуры в дьюаровском сосуде на несколько градусов. Кюри добавил при этом, что «он принадлежит к числу тех, кто верит, что новые открытия приносят человечеству больше пользы, нежели вреда». Эту веру разделяют с Пьером Кюри все передовые люди мира, и прежде всего её разделяет Советский Союз, достижения которого в деле мирных применений атомной энергии общепризнаны.

*) Шведский химик Альфред Нобель, как известно, открыл динамит.